



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLÓGICAS

**DEFINICIÓN DE DOMINIOS ESTRUCTURALES  
EN LA MINA SANTOS, DISTRITO PUNTA DEL  
COBRE, TIERRA AMARILLA, REGIÓN DE  
ATACAMA, CHILE.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el  
Título de Geólogo

Profesor Guía: Mg. Francisco Tapia Guerra

Tutor de Memoria: Sr. Marco Marín Vergara

LUIS FELIPE REINOSO ROJAS  
**COPIAPÓ, TIERRA AMARILLA 2026.**

## AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que de manera directa e indirecta, hicieron posible la realización de esta memoria. Este trabajo no solo representa el cierre de una etapa académica, sino también el resultado de años de esfuerzo, dedicación y crecimiento personal.

Sobre todo, agradecer principalmente a mis padres, familia, a mi abuelo Enrique Rojas y a mi pareja Constanza, quienes fueron mi pilar fundamental y mi inspiración, les debo cada paso que hoy me permite llegar hasta aquí, gracias por su amor incondicional, por creer en mí incluso en los momentos en los que dude, por sostenerme cuando el camino se volvió exigente y cuesta arriba, también, por enseñarme que la perseverancia siempre encuentra recompensa, y que este logro es tanto mío como de ustedes.

Agradezco profundamente a mi profesor guía y al cuerpo académico del departamento de Geología de la universidad de Atacama, quienes con su rigor, compromiso y vocación formaron mi manera de comprender y ejercer esta linda profesión, debido a su orientación, exigencia y confianza que fueron fundamentales para el desarrollo de esta hermosa carrera.

De igual forma extendiendo mi gratitud a los geólogos y profesionales de minera Candelaria, quienes, a través de su disposición, apoyo y entrega de cada información técnica, permitió que esta investigación trascendiera lo teórico y se conectará con la realidad operativa, por lo que su colaboración enriqueciera cada paso y proceso de este trabajo, fueron fundamentales para realizar mi trabajo de memoria.

A mis compañeros y amigos, por acompañarme en cada momento, tantos buenos como malos, por aquellas conversaciones de las cuales resolvieron dudas y/o me levantaron el ánimo, sobre todo por recordarme siempre que todo tiene solución y que hay que levantarse cada vez más fuerte, Gracias por los ánimos, comprensión y por celebrar cada paso que doy.

Finalmente agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a que este proyecto llegara a término. Este trabajo representa no solo al culmine de mi etapa académica, sino también una etapa de crecimiento y experiencia importante en mi vida personal y profesional.

## RESUMEN

El presente trabajo define y caracteriza los dominios estructurales de la Mina Santos, ubicada en el distrito Punta del Cobre, con el propósito de comprender el comportamiento del macizo rocoso y anticipar condiciones geomecánicas potencialmente desfavorables en sectores de explotación actual y futura del quinquenio 2025-2030. Para ello, se consolidó una base de datos geo-estructural robusta, compuesta por aproximadamente 19.000 registros, integrando información de fallas, diques y *joint sets* provenientes de mapeos históricos y recientes, constituyendo el registro estructural más completo generado para la mina, la cual se examinó mediante análisis estructural, estadístico y estereográfico. Los resultados establecen la existencia de un dominio estructural principal de orientación NW-NNW, continuo y persistente, que controla de manera predominante el fallamiento y el fracturamiento del macizo rocoso. Este dominio se encuentra directamente asociado a las fallas mayores del distrito y representa el marco estructural fundamental de la mina. De forma subordinada se encuentra un sistema estructural transversal NE-NNE, cuya influencia se manifiesta en sectores específicos, generando interferencias estructurales, dominios bimodales y de mayor complejidad local. El análisis a escala local confirma una marcada heterogeneidad espacial del fracturamiento, identificando bloques estructuralmente coherentes dominados por el sistema NW-NNW y zonas de transición donde la participación del sistema NE adquiere mayor relevancia. Estas áreas presentan incremento en la densidad y variabilidad de discontinuidades, lo que las convierte en sectores críticos desde el punto de vista geomecánico. La evaluación del comportamiento estructural por litología demuestra que la calidad del macizo rocoso no condiciona directamente la simplicidad estructural. Unidades de alta competencia, como el Albitófiro (UG 77), registra una elevada variabilidad direccional, evidenciando una respuesta frágil a la interferencia entre sistemas estructurales. En contraste, otras unidades presentan un dominio más homogéneo asociado al sistema principal NW-NNW. En conjunto, este estudio confirma que el comportamiento estructural de la Mina Santos está gobernado por un sistema longitudinal NW-NNW, superpuesto por un sistema transversal NE-NNE que genera sectores localizados de mayor complejidad. Los dominios definidos constituyen una base sólida para optimizar el diseño geomecánico, el sostenimiento y la planificación minera, reduciendo riesgos operacionales y fortaleciendo la toma de decisiones estratégicas. Asimismo, la base de datos generada se establece como un insumo confiable y actualizable, fundamental para la evolución futura de los modelos geológicos y geotécnicos de la mina.

**Palabras clave:** Macizo rocoso, Fallas mayores, *Joint Sets*, Dominio estructural, Litología.

## ABSTRACT

This study defines and characterizes the structural domains of the Santos underground mine, located in the Punta del Cobre district, with the main objective of understanding the behavior of the rock mass and anticipating potentially unfavorable geomechanical conditions in current and future mining sectors for the 2025–2030 period. To achieve this, a robust geo-structural database was consolidated, comprising approximately 19,000 records, integrating fault, dike, and *joint set* data derived from both historical and recent geological mapping. This database represents the most comprehensive structural dataset generated for the Santos mine to date. The results establish the existence of a continuous and persistent NW–NNW-oriented principal structural domain, which predominantly controls faulting and fracturing within the rock mass. This domain is directly associated with the major district-scale faults and constitutes the fundamental structural framework of the mine. Subordinate to this main trend, a transverse NE–NNE structural system is identified, whose influence is expressed in specific sectors, generating structural interference, bimodal domains, and increased local complexity. Local-scale analysis confirms a marked spatial heterogeneity of fracturing, distinguishing structurally coherent blocks dominated by the NW–NNW system and transitional zones where the influence of the NE system becomes more significant. These areas show increased fracture density and directional variability, making them critical from a geomechanical perspective. The lithology-based structural analysis demonstrates that rock mass quality does not directly control structural simplicity. High-competence units, such as the Albitophyre (UG 77), exhibit high directional variability, reflecting a brittle response to the interaction between structural systems. In contrast, other lithological units display more homogeneous structural domains, strongly associated with the dominant NW–NNW system. Overall, this study confirms that the structural behavior of the Santos mine is governed by a longitudinal NW–NNW system, overprinted by a transverse NE–NNE system that generates localized zones of greater structural complexity. The defined domains provide a solid foundation for optimizing geomechanical design, ground support, and mine planning, reducing operational risks and strengthening strategic decision-making. Additionally, the generated database constitutes a reliable and updatable resource, essential for the future development of geological and geotechnical models at the mine.

**Keywords:** Rock mass, Major faults, *Joint sets*, Structural domain, Lithology.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....                                          | 14 |
| 1.1 Problema de investigación: .....                                    | 15 |
| 1.2 Hipótesis:.....                                                     | 16 |
| 1.3 Objetivos .....                                                     | 16 |
| 1.3.1 Objetivo General: .....                                           | 16 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos: .....                                      | 16 |
| 1.4 Ubicación y Acceso: .....                                           | 17 |
| 1.5 Antecedentes bibliográficos .....                                   | 17 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....                                        | 19 |
| 2.1 Dominio Estructural.....                                            | 19 |
| 2.2 Modelo Geológico. ....                                              | 20 |
| 2.3 Modelo Hidrogeológico. ....                                         | 21 |
| 2.4 Modelo Estructural .....                                            | 21 |
| 2.4.1 Fallas geológicas .....                                           | 22 |
| 2.4.2 Categorización de estructuras geológicas operativa 2024 .....     | 22 |
| 2.4.3 Fracturas y diaclasas.....                                        | 23 |
| 2.4.4 Conjuntos de discontinuidades (Joint Sets) .....                  | 24 |
| 2.4.5 Foliaciones y planos de debilidad .....                           | 24 |
| 2.5 Modelo del macizo rocoso .....                                      | 25 |
| 2.5.1 Parámetros de caracterización geotécnica del macizo rocoso .....  | 26 |
| 2.5.2 Métodos de clasificación de macizo rocoso .....                   | 28 |
| 2.5.3 Variables geotécnicas y métodos de clasificación de interés ..... | 29 |
| CAPÍTULO III: MARCO GEOLÓGICO .....                                     | 32 |
| 3.1 Contexto tectónico distrital .....                                  | 32 |
| 3.2 Marco geológico regional .....                                      | 34 |
| 3.2.1 Formación Punta del Cobre. ....                                   | 34 |

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 3.2.2 Formación Abundancia.....                   | 34 |
| 3.2.3 Formación Nantoco. ....                     | 35 |
| 3.2.4 Formación Totoralillo.....                  | 35 |
| 3.2.5 Formación Pabellón.....                     | 35 |
| 3.2.6 Formación Bandurrias. ....                  | 36 |
| 3.2.7 Formación Cerrillos.....                    | 36 |
| 3.2.8 Depósitos No Consolidados. ....             | 36 |
| 3.3 Rocas Intrusivas.....                         | 36 |
| 3.3.1 Plutón La Brea .....                        | 37 |
| 3.3.2 Plutón San Gregorio .....                   | 37 |
| 3.3.3 Plutón Los Lirios.....                      | 37 |
| 3.3.4 Cuerpos Intrusivos Menores .....            | 38 |
| 3.4 Rocas Metamórficas .....                      | 38 |
| 3.5 Geología estructural regional .....           | 38 |
| 3.6 Geología económica distrital.....             | 39 |
| 3.7 Marco geológico local de Mina Santos:.....    | 39 |
| 3.7.1 Formación Punta del Cobre .....             | 40 |
| 3.7.2 Formación Abundancia.....                   | 42 |
| 3.7.3 Geología estructural de la Mina Santos..... | 45 |
| CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA .....                    | 49 |
| 4.1 Creación de la base de datos .....            | 49 |
| 4.1.1. Recopilación de datos estructurales .....  | 49 |
| 4.1.2. Creación de datos estructurales .....      | 50 |
| 4.1.3. Validación de la base de datos .....       | 50 |
| 4.2 Procesamiento y análisis estructural.....     | 51 |
| 4.2.1 Procesamiento geométrico en DIPS .....      | 51 |
| 4.2.2 Transformación de dato estructural.....     | 52 |

|                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2.3 Análisis estadístico y construcción de plantillas Excel .....                                                               | 52  |
| 4.3 Definición de los dominios estructurales (métodos) .....                                                                      | 53  |
| 4.3.1 Delimitación de zonas estructurales a partir de fallas mayores .....                                                        | 54  |
| 4.3.2 Definición del dominio estructural por cuadrantes de 200 x 200 m .....                                                      | 55  |
| 4.3.3 Definición del dominio estructural según la litología .....                                                                 | 56  |
| CAPÍTULO V: RESULTADOS .....                                                                                                      | 58  |
| 5.1 Caracterización del dominio estructural obtenido mediante el método 1 .....                                                   | 58  |
| 5.1.1 Variabilidad del dominio estructural asociado a las familias de <i>joint sets</i> .....                                     | 71  |
| 5.2 Análisis estructural mediante cuadrantes de 200 x 200 m: método 2 .....                                                       | 73  |
| 5.2.1 Área 1 .....                                                                                                                | 74  |
| 5.3 Definición del dominio estructural según la litología presente mediante el Método 3 ..                                        | 78  |
| 6.1. Definición general de los dominios estructurales del área de estudio .....                                                   | 84  |
| 6.1.1. Discusión del Método 1: dominios estructurales definidos por zonas .....                                                   | 84  |
| 6.2. Discusión del Método 2: dominios estructurales por cuadrantes de 200 x 200 m .....                                           | 89  |
| 6.3. Dominios estructurales analizados mediante el Método 3: .....                                                                | 90  |
| 6.4 Análisis comparativo de los dominios estructurales entre el modelo actual y la<br>propuesta de redefinición estructural ..... | 93  |
| 6.4.1 Dominio estructural actual: .....                                                                                           | 93  |
| CAPÍTULO VII: CONCLUSIÓN .....                                                                                                    | 101 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                                                                                                | 104 |
| ANEXO .....                                                                                                                       | 110 |
| Anexo 1: Obtención de datos Geo-Estructurales .....                                                                               | 110 |
| Anexo 2: Construcción de las Base de Datos Geo-Estructurales .....                                                                | 111 |
| Anexo 3: Procesamiento y Criterios de análisis Utilizados en DIPS .....                                                           | 112 |
| Anexo 4: Resultados del método 1: .....                                                                                           | 116 |
| Anexo 5: Resultados método 2, Área 1: .....                                                                                       | 128 |
| Anexo 6: Resultados Área 2, método 2 .....                                                                                        | 129 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: Mapa de Ubicación Mina Santos, en A se presenta la ubicación del distrito Punta Del Cobre en Chile, y en B presentamos la ubicación de Mina Santos en Tierra amarilla (Extraído de Lundin Mining 2022). .....                                                            | 17 |
| Figura 2: Matriz de Caracterización de Estructuras Geológicas (Extraídos de Lundin Mining 2024) .....                                                                                                                                                                              | 23 |
| Figura 3: Propiedades de las discontinuidades (Wyllie, 1999).....                                                                                                                                                                                                                  | 27 |
| Figura 4: Mapa Geológico Distrital del Área de Estudio (Extraída de Lundin Mining 2020) .....                                                                                                                                                                                      | 33 |
| Figura 5: Columna Estratigráfica Distrital (Extraída de Lundin Mining 2023) .....                                                                                                                                                                                                  | 34 |
| Figura 6: Perfil Geológico y Estructural Distrital (Extraído de Lundin Mining 2020) .....                                                                                                                                                                                          | 40 |
| Figura 7: Vista Panorámica de las Unidades Litológicas de la Mina Santos (Extraído desde Lundin Mining 2018) .....                                                                                                                                                                 | 44 |
| Figura 8: Visualización en planta de las zonas delimitadas por las fallas mayores y la litología presente en el área de estudio (Elaboración Propia). .....                                                                                                                        | 47 |
| Figura 9: Fallas Mayores de la Mina Santos, utilizadas para definición del Dominio Estructural NNW-NW y NE-ENE, imagen transversal de la Mina Santos (Elaboración Propia) .....                                                                                                    | 48 |
| Figura 10: Diagrama de flujo conceptual de la creación de la base de datos (Elaboración propia) .....                                                                                                                                                                              | 49 |
| Figura 11: Base de datos Mina Santos - Caracterización de Joint Sets (Elaboración propia) .....                                                                                                                                                                                    | 50 |
| Figura 12: Diagrama de flujo-Procesamiento y Análisis Estructural (Elaboración Propia) ..                                                                                                                                                                                          | 51 |
| Figura 13: Diagrama Conceptual de la Definición de los Dominios Estructurales (Elaboración Propia) .....                                                                                                                                                                           | 53 |
| Figura 14: Zonas y Subzonas obtenidas del método 1, en la figura A se visualizan todas las Fallas mayores Utilizadas en la delimitación de las zonas, y en B se visualizan las mismas estructuras, menos las de bajo ángulo, para una mejor perspectiva (Elaboración propia) ..... | 54 |
| Figura 15: Mina Santos (topografía subterránea), Área 1(rojo): consta de 13 cuadrantes con datos estructurales; Área 2 (azul) consta de 20 cuadrantes de 200 x 200 m (Elaboración Propia). .....                                                                                   | 55 |
| Figura 16: Representación en sólidos de las litologías y estructuras mayores presentes en Mina Santos, utilizadas para el método 3 (Elaboración propia) .....                                                                                                                      | 56 |
| Figura 17: Modelo litológico de la Mina Santos en 3D (Extraído de Lundin Mining) .....                                                                                                                                                                                             | 57 |
| Figura 18: Ubicación de la zona 1, método 1 con vista en planta y transversal (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                                          | 58 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 19: Ubicación de la zona 2, método 1 (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                                                                       | 60  |
| Figura 20: Ubicación de la zona 4, del método 1 con una vista en planta y transversal (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                             | 61  |
| Figura 21: Ubicación de la zona 5 con vista en planta y transversal del método 1 (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                                  | 62  |
| Figura 22: Ubicación de la zona 6, método 1 (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                                                                       | 64  |
| Figura 23: Ubicación de la zona 7, método 1. (Elaboración propia) .....                                                                                                                                                                                                       | 65  |
| Figura 24: Ubicación de la zona 8, método 1. (Elaboración propia) .....                                                                                                                                                                                                       | 66  |
| Figura 25: Ubicación de la zona 9, método 1 (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                                                                       | 68  |
| Figura 26: Ubicación de la zona 10, método 1 (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                                                                      | 69  |
| Figura 27: Ubicación de la zona 11, método 1 (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                                                                      | 70  |
| Figura 28: Planos dominantes de F/D (A) vs Joint (B), del método 1: se representa la visualización de los planos dominantes de cada zona y subzona (con su respectivo color) evidenciando la variabilidad de la dirección de los joint sets en comparación de las falla ..... | 73  |
| Figura 29: Cuadrantes de 200 x 200 m y ubicación zonal de los cuadrantes en la Mina Santos. ....                                                                                                                                                                              | 74  |
| Figura 30: Análisis de estereograma, en fallas/diques y en joint sets, dirección dominante en color rojo (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                          | 81  |
| Figura 31: visualización de áreas asociadas a sectores de la Mina Santos.....                                                                                                                                                                                                 | 88  |
| Figura 32: Dominios estructurales de Fallas/Diques a la izquierda (1-2), y dominios estructurales de los joint sets a la derecha (1-2) (Elaboración Propia). .....                                                                                                            | 89  |
| Figura 33: Distribución de datos Falla/Diques (7.199) (Elaboración Propia) .....                                                                                                                                                                                              | 94  |
| Figura 34: Delimitación de zonas en el dominio estructural actual, Estereogramas de Fallas-Diques (Elaboración Propia) .....                                                                                                                                                  | 95  |
| Figura 35: Distribución de datos F/D + Joint Sets (18.612). (Elaboración Propia).....                                                                                                                                                                                         | 96  |
| Figura 36: Zonas subdivididas por fallas mayores (no se aprecian las fallas de bajo ángulo, para no perturbar la visualización). (Elaboración Propia).....                                                                                                                    | 96  |
| Figura 37: Zonas de la Mina Santos, Dominio Estructural propuesto. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                       | 97  |
| Figura 38: Diagrama de Polos, Dominio Estructural de las zonas, método 1. (Elaboración Propia). .....                                                                                                                                                                         | 98  |
| Figura 39: Plantilla de mapeo, sólidos de topografía, caserón y discos estructurales; obtención de datos estructurales (Elaboración Propia) .....                                                                                                                             | 110 |

|                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 40: Base de datos madre – 17.613 datos de Falla – Dique – Joint Sets (Elaboración Propia).                                                                                                    | 111 |
| Figura 41: Plantilla de Mapeo caracterización (Extraído de Lundin Mining)                                                                                                                            | 111 |
| Figura 42: Anexo 3: Estereogramas (Diagrama de Polos), de las zonas y subzonas de F/D. (Elaboración propia)                                                                                          | 115 |
| Figura 43: Anexo 3: Estereogramas (Diagrama de Polos), de las zonas y subzonas de Joint Sets. (Elaboración propia)                                                                                   | 115 |
| Figura 44: Gráficos de barra demostrando el dominio NNW-NW preferentes de la zona 1, con manteos de alto ángulo, método 1. (Elaboración Propia)                                                      | 116 |
| Figura 45: Gráficos de barra que demuestran la gran variabilidad estructural en los joint sets, y manteos de alto ángulo preferentes de la zona 2A, método 1. (Elaboración Propia).                  | 116 |
| Figura 46: Gráficos de barra demostrando el dominio NNW-NW preferentes de la zona 2B, tanto en FT/DK como en JN, método 1. (Elaboración propia)                                                      | 117 |
| Figura 47: Gráficos de barra que muestran claramente el dominio bimodal NW-NE preferentes de la zona 4A, método 1. (Elaboración Propia)                                                              | 117 |
| Figura 48: Zona 4M de mayor complejidad estructural de la Mina Santos, método 1. (Elaboración Propia)                                                                                                | 118 |
| Figura 49: Gráficos que demuestran el retorno al dominio principal NNW-NW preferentes de la zona 4B, método 1. (Elaboración Propia)                                                                  | 118 |
| Figura 50: Domino principal rotado al WNW de la zona 5A, método 1. (Elaboración Propia)                                                                                                              | 119 |
| Figura 51: Estructuras preferentes de la zona 5M evidenciando el dominio NNW-NW, método 1. (Elaboración Propia)                                                                                      | 119 |
| Figura 52: Gran variabilidad de joint sets de la zona 5B, método 1. (Elaboración propia)                                                                                                             | 120 |
| Figura 53: Dominio coherente al dominio regional, y manteos de alto ángulo preferentes de la zona 6, método 1. (Elaboración Propia)                                                                  | 120 |
| Figura 54: Coherencia entre FT/DK y JN de la zona 7A, método 1. (Elaboración Propia).                                                                                                                | 121 |
| Figura 55: Importancia de las estructuras y manteos preferentes de la zona 7M, debido a que es el corazón de la mina, la cual, demuestra el dominio principal NNW-NW, método 1. (Elaboración Propia) | 121 |
| Figura 56: Gráficos de barra sobre la cantidad de estructuras y manteos preferentes de la zona 7B, método 1. (Elaboración propia)                                                                    | 122 |
| Figura 57: Gráficos de barras que demuestran el dominio regional, con manteos de alto ángulo de la zona 8A, método 1. (Elaboración Propia)                                                           | 122 |

|                                                                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 58: Gráficos de barra sobre la cantidad de estructuras y manteos preferentes de la zona 8M, método 1. (Elaboración Propia).....                                                      | 123 |
| Figura 59: Gráficos de barra evidenciando la mayor variabilidad de manteos de la zona 8B, método 1. (Elaboración Propia) .....                                                              | 123 |
| Figura 60: Dominio preferente al NW, con manteos de alto ángulo en la zona 9A, método 1. (Elaboración Propia) .....                                                                         | 124 |
| Figura 61: Zonas con gran variabilidad de rumbos, pero con manteos claros de alto ángulo de la zona 9M, método 1. (Elaboración Propia).....                                                 | 124 |
| Figura 62: Dominio NNW-NW dominante con pequeña rotación al WNW de la zona 9B, método 1. (Elaboración Propia) .....                                                                         | 125 |
| Figura 63: Gráficos de barra que demuestran claramente el dominio NW de la Mina Santos de la zona 10A, método 1. (Elaboración Propia) .....                                                 | 125 |
| Figura 64: Manteos preferentes sub-verticales y rumbos con variación al W de la zona 10M, método 1. (Elaboración Propia) .....                                                              | 126 |
| Figura 65: Gráficos de barra sobre la cantidad de estructuras y manteos preferentes de la zona 10B, manifestando mayor variabilidad en los joint sets, método 1. (Elaboración Propia) ..... | 126 |
| Figura 66: Estructuras N-S y NW dominantes, con manteos preferentes de alto ángulo en la zona 11A, método 1. (Elaboración Propia) .....                                                     | 127 |
| Figura 67: Gráficos de barra que presentan dominios E-W de estructuras y manteos preferentes de alto ángulo en la zona 11B, método 1. (Elaboración Propia) .....                            | 127 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1: Tabla 1: Relación RQD y calidad de roca para Ingeniería                                                                                                                                                                                                                                | 30 |
| Tabla 2: Clasificación para el macizo rocoso según RMR                                                                                                                                                                                                                                          | 31 |
| Tabla 3: Clasificación de GSI según Hock y Marinos (2000)                                                                                                                                                                                                                                       | 32 |
| Tabla 4: Tabla estratigráfica simplificada – Unidades Geológicas de la Mina Santos.                                                                                                                                                                                                             | 45 |
| Tabla 5: Criterio de Rumbo Utilizado Notación Americana.                                                                                                                                                                                                                                        | 53 |
| Tabla 6: Criterio de Manteo Utilizado.                                                                                                                                                                                                                                                          | 54 |
| Tabla 7: Resultados de Zona 1 de color verde, compuesta por una única subzona (1A) y se basa en un total de 524 datos estructurales, de los cuales 156 corresponden a Joint Sets y 368 a fallas. (Elaboración Propia)                                                                           | 58 |
| Tabla 8: Resultados de la Zona 2 de color amarillo, la cual se subdivide en las subzonas 2A y 2B. La subzona 2B se define a partir de 688 datos de fallas/diques y 659 de Joint Sets, mientras que la subzona 2A considera 221 datos de fallas/diques y 131 de Joint Sets. (Elaboración Propia) | 59 |
| Tabla 9: Resultados de Zona 4 de color azul, se subdivide en 3 áreas: superior (4A), media (4M) y inferior (4B). (Elaboración Propia)                                                                                                                                                           | 61 |
| Tabla 10: Resultados de Zona 5 de color naranja, esta zona presenta 3 subzonas. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                            | 62 |
| Tabla 11: Resultados de la Zona 6, método 1. Esta zona presenta una única subzona, al igual que la Zona 1, y se define a partir de 311 datos de fallas/diques y 187 mediciones de Joint Sets. (Elaboración Propia)                                                                              | 63 |
| Tabla 12: Resultado de la Zona 7 de color rojo. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                                            | 65 |
| Tabla 13: Resultados de la Zona 8 de color morado (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                                          | 66 |
| Tabla 14: Resultados de la Zona 9 de color verde oscuro. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                                   | 67 |
| Tabla 15: Resultados Zona 10 (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                                                               | 69 |
| Tabla 16: Resultados de la Zona 11 de color negro. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                                         | 70 |
| Tabla 17: Cuadro Comparativo Método 2 → El área 1 presenta un dominio estructural homogéneo al NNW-NW monodominante en fallas/diques, mientras que los Joint Sets siguen esta tendencia, aunque localmente presentan una más que otra variabilidad al ENE (Elaboración Propia)                  | 75 |
| Tabla 18: Cuadro comparativo Método 2 → El área 2 presenta un claro dominio estructural al NW-NNW en fallas/diques confirmando la metodología 1, pero el método 2 tiene la ventaja de obtener dominios variables en sectores locales de la mina, por lo cual se puede apreciar                  |    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| que los dominios de Joint Sets a pesar de tener un dominio principal al NW-NNW, también, presenta dominios que varían de NE a ENE. (Elaboración Propia)                                                                                                                         | 76  |
| Tabla 19: Resultados del dominio estructural de la UG 77. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                  | 79  |
| Tabla 20: Resultados del dominio estructural de la UG 50. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                  | 80  |
| Tabla 21: Resultados de la UG 57 en la Zona 7. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                             | 81  |
| Tabla 22: Resultados del dominio estructural de la UG 61. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                  | 82  |
| Tabla 23: Resultados UG 67. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                                                | 83  |
| Tabla 24: Dominio Estructural homogéneo al NW-NNW en Fallas/Diques, se puede apreciar que en la zona 4 y 5 las fallas presentan planos dominantes variables, corroborando la variabilidad estructural de estas zonas. (Elaboración Propia)                                      | 86  |
| Tabla 25: Se presenta la variabilidad en los Dominios Estructural de los Joint Sets, desde el primer plano dominante hasta la tercera familia dominante (Elaboración Propia).                                                                                                   | 87  |
| Tabla 26: Se presenta la variabilidad en los Dominios Estructural de los Joint Sets, desde el primer plano dominante hasta la tercera familia dominante. (Elaboración Propia)                                                                                                   | 88  |
| Tabla 27: Cuadro Comparativo Método 2 → El área 1 presenta un dominio estructural homogéneo al NNW-NW monodominante en fallas/diques, mientras que los joint sets siguen esta tendencia, aunque localmente presentan una más que otra variabilidad al ENE. (Elaboración Propia) | 128 |
| Tabla 28: Resumen de resultados Área 2; método 2. (Elaboración Propia)                                                                                                                                                                                                          | 129 |

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

La historia documentada del sector, Mina Santos remonta a fines del siglo XIX, cuando el distrito Ojos del Salado inicia operaciones formales que se consolidaron recién en 1929, cuando comenzó la producción comercial bajo la entonces llamada Planta Punta del Cobre, incorporando a las Minas Santos y Resguardo como parte de la operación (Compañía Contractual Minera Ojos del Salado, 2018). Un cambio estructural ocurrió en 1983, cuando Phelps Dodge adquirió el 10 % de la compañía, y luego en 1985, cuando pasó a ser su propietaria total, tomando control de la Mina Santos, la Mina Alcaparrosa y la Planta Pedro Aguirre Cerda (PAC) (Compañía Contractual Minera Ojos del Salado, 2018; Rocher, 1993). Estas faenas forman parte del distrito Candelaria–Punta del Cobre, área en la que posteriormente se desarrollaría el yacimiento Candelaria (Mining Data Solutions, 2026).

Tras la adquisición por Phelps Dodge en 1985, la compañía impulsó mejoras relevantes en la capacidad de procesamiento de la planta y en la operación de las minas Santos y Resguardo, que antes eran instalaciones pequeñas y antiguas con una capacidad cercana a 674 t/d antes de su modernización (Rocher, 1993). Entre los años 1985 y 1997 se concretó la mayor parte del desarrollo operacional de Santos, estableciendo la infraestructura base que permitió alcanzar una capacidad de procesamiento diaria cercana a las 1.500 toneladas, con leyes de 1,35% Cu y 0,35g/t Au. Se registra que la operación Ojos del Salado en general estuvo activa entre 1982 y 1998 antes de su posterior reactivación (Wood Mackenzie, 2026).

La situación cambió en 2004, cuando la reactivación de la demanda por cobre permitió la reapertura de la Mina Santos, alcanzando una producción con tasas entre 3.500 y hasta 5.400 toneladas por día, nivel que se ha mantenido de manera relativamente estable hasta hoy. Antes del cese temporal de actividades en el año 1997, la totalidad del mineral provenía principalmente de la Veta Isabel, un cuerpo de rumbo NW que constituyó la fuente principal de explotación, a este se sumaban dos aportes secundarios: el sector Mantos, de ubicación contigua a la veta principal, y el Glory Hole, un pequeño rajo abierto que entregó mineral de alta ley en una zona de intersección entre la Veta Isabel y estructuras subordinadas con orientación WNW. Si bien no se cuenta con registros oficiales detallados de producción durante ese período, se estima que el volumen total extraído hasta el año 1997 habría superado los 5 millones de toneladas, con leyes superiores al 1,3 % de cobre, lo que evidencia el alto potencial económico del distrito aún en etapas tempranas de su desarrollo.

### 1.1 Problema de investigación:

La Mina Santos, ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, región de Atacama, forma parte del distrito minero Candelaria-Punta del Cobre, correspondiente a un depósito tipo IOCG (Iron Oxide-Copper-Gold; Del Real *et al.* 2018). En este contexto geológico, el comportamiento del macizo rocoso se encuentra fuertemente controlado por un arreglo estructural complejo, dominado por fallas de orientación preferente NNW-NW, sistema transversal NE, cuerpos intrusivos subverticales (diques) y una red de discontinuidades menores (*joint sets*) (Lundin Mining, 2023).

A pesar de que la Mina Santos dispone de antecedentes estructurales y un modelo geológico-estructural operativo, existe una insuficiente definición sistemática y cuantificable de los dominios estructurales, particularmente en lo relativo al comportamiento y distribución de los *joint sets* asociados a fallas mayores. Esta falta de caracterización detallada, especialmente a la escala de caserones y desarrollos subterráneos, limita la capacidad de predecir con precisión el comportamiento geomecánico del macizo rocoso. La carencia de información integrada y confiable se vuelve crítica en sectores donde interactúan múltiples familias estructurales, generando incertidumbre en la planificación minera, en la estabilidad local y en la toma de decisiones operacionales.

La alta variabilidad geológica del macizo rocoso, controlada por la interacción entre fallas mayores y *joint sets*, dificulta anticipar con suficiente precisión su comportamiento geomecánico cuando estos últimos no son incorporados de manera sistemática en la definición de dominios estructurales. Esta limitación se refleja en sobreexcavaciones, caída de rocas y dificultades en la implementación efectiva de los diseños de sostenimiento, promoviendo una gestión mayoritariamente reactiva del riesgo geomecánico e incrementando la incertidumbre en la planificación minera y la continuidad operacional.

En este contexto, se hace necesario avanzar hacia un enfoque estructural integrado que permita definir dominios homogéneos a partir de criterios estructurales cuantificables, incorporando la geometría, orientación, frecuencia y persistencia de los *joint sets* y su relación con las fallas dominantes, con el fin de mejorar la predictibilidad del comportamiento del macizo rocoso en escenarios de explotación futura.

## 1.2 Hipótesis:

La definición detallada de los dominios estructurales de la Mina Santos, basada en el análisis integrado de parámetros geo-estructurales de fracturamiento (*joint sets*) y su relación con fallas mayores, intermedias y menores, permitirá proyectar con mayor precisión el comportamiento del macizo rocoso en los sectores actuales y futuros del quinquenio 2025–2030. Asimismo, la creación y consolidación de una base de datos estructural robusta facilitará la complementación y validación de los dominios estructurales actualmente utilizados por la mina con los nuevos resultados obtenidos en este estudio, permitiendo identificar discrepancias, zonas de mayor complejidad estructural y áreas donde se requiere ajustar el modelo geomecánico. Esta caracterización contribuirá a optimizar el diseño geomecánico, la selección del sostenimiento y la planificación subterránea, reduciendo riesgos operacionales y mejorando la eficiencia en la toma de decisiones estratégicas.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo General:

- Definir los dominios estructurales de la Mina Santos, con el fin de aportar al diseño y planificación de los futuros caserones y desarrollos subterráneos.

### 1.3.2 Objetivos Específicos:

- Clasificar los *joint sets* presentes en la Mina Santos, en función de sus parámetros estructurales y geomecánicos.
- Analizar la relación espacial y geométrica entre los *joint sets* y las fallas mayores, para la definición de dominios estructurales homogéneos a escala caserón y desarrollo subterráneos.
- Integrar la información estructural obtenida en un modelo tridimensional, permitiendo proyectar la distribución de los dominios estructurales en el horizonte de planificación subterránea del quinquenio 2025-2030.

#### 1.4 Ubicación y Acceso:

El área de estudio se encuentra ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, región de Atacama, en el distrito minero Punta del Cobre, Mina Santos. aproximadamente a una latitud de 600 msnm, en las coordenadas UTM 6.960.500N y 376.000E (Imagen 1).

La entrada a la mina se encuentra aproximadamente a 16 km al SE de la ciudad de Copiapó, a 300m al E del pueblo de Tierra Amarilla (Figura 1), como también, a 2.9 km al N de la planta Pedro Aguirre Cerda (PAC). El acceso desde la ciudad de Copiapó, debes tomar la Ruta C-35 hacia el sureste, caminó que conecta directamente con la localidad de Tierra Amarilla, ubicada a unos 15 km de distancia, lo que equivale a unos 20min en automóvil, posteriormente se toma el desvío de la rotonda al W que conduce hasta la población Luis Uribe, después de recorrer 1,5 km, se llega al área de estudio. La ruta es bastante directa y no requiere desviaciones importantes.

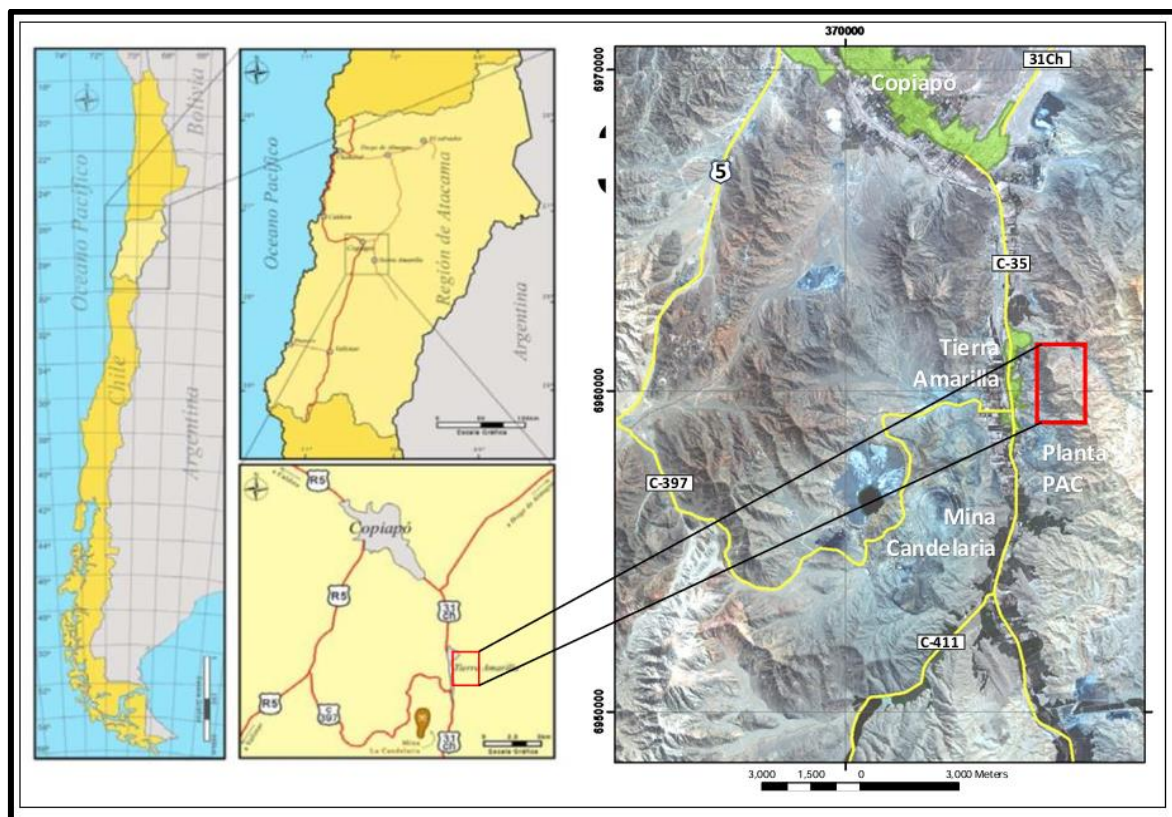


Figura 1: Mapa de Ubicación Mina Santos, en A se presenta la ubicación del distrito Punta Del Cobre en Chile, y en B presentamos la ubicación de Mina Santos en Tierra amarilla (Extraído de Lundin Mining 2022).

#### 1.5 Antecedentes bibliográficos

La comprensión geológica del distrito Punta del Cobre se ha desarrollado a partir de una base bibliográfica amplia y progresivamente más detallada, abarcando desde estudios pioneros hasta

investigaciones modernas de alta resolución. Esta evolución ha permitido caracterizar el distrito desde múltiples enfoques, incluyendo aspectos estructurales, estratigráficos, magmáticos, mineralógicos y geocronológicos. Los estudios iniciales se enfocaron en el control estructural de la mineralización, evidenciando su estrecha relación con intrusiones andesíticas y sistemas hidrotermales de vetas y brechas. En este contexto, investigaciones realizadas en Tierra Amarilla y sectores adyacentes permitieron identificar litologías relevantes, como el denominado Albitófiro, y establecer relaciones entre la mineralización y la tectónica regional. Asimismo, el desarrollo de cartografía geológica detallada y secciones transversales a lo largo del siglo XX permitió delimitar unidades estratigráficas clave del Cretácico en la zona sur de Copiapó, tales como las formaciones Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón. Con el avance de la exploración minera, particularmente tras el descubrimiento del yacimiento Candelaria en 1987, se generó un impulso significativo en la investigación geológica del distrito. En esta etapa se propusieron modelos genéticos más complejos, inicialmente del tipo VMS (Volcanogenic Massive Sulfide) y posteriormente del tipo IOCG (Iron Oxide Copper Gold), los cuales permitieron reinterpretar la relación entre mineralización, intrusiones magmáticas y deformación estructural. De manera complementaria, la incorporación de técnicas geofísicas, como la magnetometría, facilitó la identificación de anomalías asociadas a mineralización, mientras que estudios geocronológicos basados en sistemas isotópicos (Re-Os, Sr, Nd y Pb-O) permitieron precisar la edad de los eventos mineralizantes y la evolución magmática del batolito de Copiapó. En paralelo, estudios paleontológicos y bioestratigráficos desarrollados en el área de Chañarcillo contribuyeron a la correlación regional, vinculando las unidades del distrito con otras del norte de Chile y con la Cuenca de Neuquén en Argentina, aportando antecedentes sobre los ambientes depositacionales del Cretácico Inferior y la evolución tectono-sedimentaria de la cuenca de Atacama. En la actualidad, los modelos geológicos del distrito integran estos avances y se sustentan en contribuciones clave como la de Marschik y Fontboté (2001), quienes redefinieron la Formación Punta del Cobre, propusieron subdivisiones litológicas internas y analizaron los patrones de alteración hidrotermal y paragénesis mineral. A estos aportes se suman investigaciones desarrolladas tanto en modelamientos de reservas, estudios estructurales y levantamientos geológicos de alta resolución, los cuales constituyen la base interpretativa de operaciones como Mina Candelaria y Mina Santos.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

La definición y caracterización de dominios estructurales en un yacimiento minero subterráneo es fundamental para comprender el comportamiento estructural y geomecánico del macizo rocoso, permitiendo optimizar la planificación minera y anticipar condiciones que puedan afectar la estabilidad de las excavaciones (Hoek & Bray, 1981; Bieniawski, 1989). La delimitación de dominios con características relativamente homogéneas facilita la toma de decisiones relacionadas con el diseño de caserones, la selección de métodos de explotación, la planificación del sostenimiento y la evaluación de riesgos geotécnicos (Brady & Brown, 2006; Read & Stacey, 2009). Para ello, es necesaria la integración de distintos modelos geocientíficos que describen el macizo desde múltiples perspectivas.:

- La configuración geológica, litológica y de alteración y/o mineralización del yacimiento.
- La dinámica hidrogeológica del sistema subterráneo, incluyendo la conductividad hidráulica, la distribución de la presión de poros y el nivel freático.
- El patrón estructural que rige el emplazamiento y evolución de fallas mayores, fallas intermedias o menores, y discontinuidades (fracturas, diaclasas, *joint sets*).
- Las propiedades geomecánicas del macizo rocoso, determinan su comportamiento frente a esfuerzos naturales o inducidos.

La combinación de estos cuatro modelos permite construir una representación tridimensional coherente, integral y predictiva del comportamiento estructural del yacimiento. Esta aproximación ha sido ampliamente respaldada por la literatura especializada, la cual destaca que la interacción entre variables geológicas, estructurales e hidro-geotécnicas es indispensable para la elaboración de modelos robustos en minería subterránea (Read & Stacey, 2009; Hoek *et al.*, 2013; Wesseloo, 2020)

### 2.1 Dominio Estructural

Un dominio estructural corresponde a un volumen del macizo rocoso en el cual las estructuras geológicas presentan características geométricas y espaciales relativamente homogéneas, tales como orientación, espaciado, persistencia y condiciones de relleno. Esta homogeneidad permite asumir un comportamiento geomecánico similar y predecible dentro de cada dominio, facilitando su modelación y análisis (Bieniawski, 1989).

En minería subterránea, la delimitación adecuada de dominios estructurales es fundamental, ya que la variabilidad del fracturamiento y del fallamiento influye directamente en la estabilidad de excavaciones, el diseño de caserones y pilares, y la planificación del sostenimiento (Hoek

& Bray, 1981; Read & Stacey, 2009). La segmentación estructural permite identificar zonas de mayor o menor complejidad, optimizando la gestión del riesgo geotécnico.

La definición de dominios no depende únicamente de la orientación de las estructuras, sino también de parámetros como su frecuencia, continuidad y conectividad, los cuales controlan las propiedades mecánicas globales del macizo (Palmström & Stille, 2010). Estos dominios se delimitan mediante la integración de información proveniente de mapeos, sondeos y análisis estructurales, apoyados en herramientas estereográficas y software especializados. En conjunto, el enfoque basado en dominios estructurales constituye un elemento central del análisis geotécnico y de la planificación minera, permitiendo anticipar condiciones desfavorables y mejorar el diseño y la seguridad de las labores subterráneas (Hoek *et al.*, 2013).

## **2.2 Modelo Geológico.**

La definición de dominios estructurales requiere una comprensión geológica integral del yacimiento, siendo el modelo geológico tridimensional la base para cualquier análisis estructural. Este modelo integra información litológica, estratigráfica, estructural y mineralógica, permitiendo identificar la geometría y distribución de las unidades rocosas, sus contactos, zonas de alteración y cuerpos mineralizados, los cuales condicionan directamente el desarrollo del fracturamiento (Bascuñán, 2018).

Un modelo geológico adecuadamente construido permite reconocer sectores con patrones estructurales coherentes, que pueden definirse como dominios estructurales cuando presentan homogeneidad en litología, orientación de discontinuidades y grado de alteración. Este enfoque resulta especialmente relevante en yacimientos emplazados en contextos tectónicamente complejos, donde las fallas regionales y locales controlan la geometría del depósito y la distribución del fracturamiento (Read & Stacey, 2009).

La litología y la alteración influyen directamente en la densidad, persistencia y comportamiento mecánico de las discontinuidades. Rocas frágiles o intensamente alteradas tienden a presentar mayor fracturamiento y menor resistencia, mientras que intrusivos, brechas y estructuras mayores suelen actuar como límites naturales para la segmentación del macizo en dominios geo-estructurales (Palmström & Stille, 2010).

En la práctica, el modelo geológico se construye mediante la integración de mapeos, sondeos, estudios geofísicos y análisis de laboratorio, constituyendo una herramienta clave para correlacionar la información estructural y definir sectores con comportamiento estructural similar. De esta manera, el modelo geológico se consolida como un insumo fundamental para el análisis geotécnico, el diseño minero y la gestión del riesgo estructural.

### **2.3 Modelo Hidrogeológico.**

El modelo hidrogeológico constituye un componente esencial dentro del análisis integral de un yacimiento subterráneo, ya que permite comprender la interacción entre el agua subterránea, el macizo rocoso y las estructuras geológicas que lo conforman. Su incorporación en la caracterización del macizo no solo tiene relevancia desde el punto de vista hidrogeológico clásico, relacionado con el flujo, almacenamiento y distribución del agua en el subsuelo, sino también desde la perspectiva geotécnica, debido a que las condiciones hidráulicas inciden directamente en la estabilidad, comportamiento mecánico y evolución de las discontinuidades estructurales a lo largo del tiempo. De acuerdo con Doménico y Schwartz (1990), el modelo hidrogeológico se define como la representación conceptual y numérica del sistema de flujo subterráneo, integrando parámetros fundamentales como la permeabilidad, la porosidad, la conductividad hidráulica, la presión de poros y el nivel freático. Estos parámetros determinan la forma en que el agua se mueve a través del macizo rocoso, tanto por la matriz de la roca como por sus discontinuidades (fracturas, fallas, diaclasas o zonas de cizalla), controlando así procesos hidro-geomecánicos que pueden comprometer la estabilidad estructural del yacimiento.

### **2.4 Modelo Estructural**

El modelo estructural constituye uno de los pilares fundamentales dentro de la caracterización integral de un yacimiento subterráneo. Su objetivo principal es describir, representar e interpretar la distribución, geometría, cinemática y relaciones espaciales de las estructuras geológicas que conforman el macizo rocoso, así como su influencia sobre el comportamiento geomecánico y la evolución del entorno minero. A diferencia del modelo geológico, que se centra en la disposición litológica y mineralógica, el modelo estructural pone el énfasis en los elementos discontinuos del macizo y en cómo estos controlan la resistencia, permeabilidad, deformación y estabilidad del sistema rocoso. En el contexto de la ingeniería minera, el modelo estructural no es un fin en sí mismo, sino una herramienta para anticipar el comportamiento del macizo bajo las condiciones de excavación. Al identificar patrones estructurales dominantes, direcciones preferenciales de fracturamiento, zonas de debilidad y discontinuidades persistentes, se pueden diseñar excavaciones seguras, planificar secuencias de minado adecuadas y establecer estrategias efectivas de sostenimiento y control de riesgos (Hoek & Bray, 1981; Palmström & Stille, 2010). Este enfoque multidisciplinario combina conceptos de geología estructural, geomecánica e ingeniería de rocas, integrando información de campo, modelamientos tridimensionales y análisis estructurales especializados.

### **2.4.1 Fallas geológicas**

Las fallas son planos de fractura a lo largo de los cuales ha ocurrido desplazamiento relativo de los bloques rocosos adyacentes. Constituyen las estructuras tectónicas de mayor jerarquía dentro de un yacimiento y controlan aspectos fundamentales del sistema, como la geometría del depósito, la segmentación del macizo, la distribución de esfuerzos y la permeabilidad estructural (Fossen, 2010). Su génesis se relaciona con procesos de deformación frágil bajo regímenes tectónicos compresivos, extensivos o transcurrentes, y su cinemática permite clasificarlas en fallas normales, inversas, de rumbo o combinadas (Anderson, 1951; The Groundwater Project, s.f.).

Desde una perspectiva geomecánica, las fallas actúan como planos de debilidad preferencial que pueden controlar la orientación de los esfuerzos inducidos por la excavación y facilitar mecanismos de inestabilidad como el deslizamiento planar, el colapso por cuñas o el hundimiento estructural (Nie *et al.*, 2025). Además, su comportamiento hidráulico puede variar desde ser conductos preferenciales de flujo subterráneo hasta funcionar como barreras impermeables, dependiendo de la apertura, la mineralogía de relleno y el grado de cementación (Younger, 2007). La identificación, caracterización y modelamiento de fallas es fundamental para delimitar dominios estructurales, ya que estas estructuras suelen marcar límites naturales entre sectores con comportamientos geomecánicos diferenciados (Caine *et al.*, 1996; Fossen, 2016, en Quevedo *et al.*, 2024).

### **2.4.2 Categorización de estructuras geológicas operativa 2024**

Según Marcos Marín (geólogo senior de Lunding Mining, comunicación personal, desde el 2023), para categorizar una falla se consideran 2 parámetros: su continuidad y el espesor de su relleno (Figura 2). Como se sabe, espacialmente las fallas se cortan y desplazan entre ellas perdiendo su continuidad, así también su espesor no es homogéneo. Por lo anterior se considera la siguiente matriz que define la caracterización de las estructuras:

**MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE ESTRUCTURAS**

|                      |       |                  |                  |                  |
|----------------------|-------|------------------|------------------|------------------|
| Espesor-Relleno (cm) | >10   | Falla Intermedia | Falla Mayor      | Falla Mayor      |
|                      | 2 -10 | Falla Intermedia | Falla Mayor      | Falla Mayor      |
|                      | 0 - 2 | Falla Menor      | Falla Intermedia | Falla Intermedia |
|                      |       | 0 - 49           | 50 - 224         | >224             |
|                      |       | Continuidad (m)  |                  |                  |

**Colores Fallas**

— Falla Mayor

— Falla Intermedia

— Falla Menor

Figura 2: Matriz de Caracterización de Estructuras Geológicas (Extraídos de Lundin Mining 2024)

**Falla Mayor:** Planos de falla cuya continuidad normalmente es mayor a 50m y su relleno supera los 2cm de espesor. En terreno cubren más allá de 50 – 100m cortando todas las litologías presentes.

**Falla Intermedia:** Corresponde a los planos de falla que no superan los 49m de persistencia, pero que, sí presentan un espesor mayor a los 2cm, y para el caso en donde las estructuras si superen los 49m de continuidad, pero que no contenga más de 2cm de espesor, se les categoriza como intermedias.

**Falla Menor:** Son planos de fallas cuya continuidad normalmente cubre hasta 49m. Su espesor puede variar de 0 a 2cm de espesor.

### 2.4.3 Fracturas y diaclasas

Las fracturas corresponden a planos de discontinuidad generados cuando los esfuerzos superan la resistencia a la tracción de la roca, sin producir desplazamientos significativos. Cuando estas fracturas se presentan de forma sistemática y con orientaciones similares, se definen como diaclasas (Fossen, 2010; Hoek *et al.*, 2013).

Las diaclasas controlan de manera fundamental el comportamiento geomecánico del macizo rocoso, ya que condicionan la anisotropía, la permeabilidad secundaria, la deformabilidad y el grado de fragmentación del material (Hoek & Bray, 1981; Bieniawski, 1989). Su origen se

asocia a procesos tectónicos, descompresión, enfriamiento magmático o contracción térmica, y su orientación refleja la historia de esfuerzos del entorno geológico (Twiss & Moores, 2007). Desde una perspectiva geotécnica, parámetros como densidad, persistencia, rugosidad, apertura y conectividad de las diaclasas influyen directamente en los mecanismos de falla, el diseño del sostenimiento y la estabilidad de excavaciones subterráneas. En particular, sistemas subverticales favorecen la formación de cuñas inestables, mientras que discontinuidades subhorizontales pueden actuar como planos de deslizamiento bajo esfuerzos compresivos (Hoek & Brown, 1980; Goodman, 1989).

#### **2.4.4 Conjuntos de discontinuidades (Joint Sets)**

El término *joint set* hace referencia a grupos de diaclasas que comparten características geométricas similares, principalmente en cuanto a su orientación, espaciamiento, persistencia y origen. Estos conjuntos son fundamentales en la definición de dominios estructurales, ya que su distribución espacial permite segmentar el macizo en sectores con comportamientos homogéneos (Hudson & Harrison, 2021).

La caracterización de *joint sets* incluye parámetros como la densidad de fracturamiento, el espaciamiento promedio, el grado de interconexión y la orientación media. Estos parámetros, combinados con análisis estereográficos y diagramas de roseta, permiten reconocer familias estructurales dominantes y predecir cómo se comportará el macizo bajo distintos regímenes de esfuerzos (Ragan, 2009; Fossen, 2010).

En ingeniería minera, esta información es esencial para estimar la estabilidad de excavaciones, diseñar pilares y proyectar el comportamiento de las estructuras durante la explotación.

Los *joint sets* también juegan un papel crucial en la hidrogeología del yacimiento, ya que pueden conformar redes de flujo secundario, controlar la migración de fluidos y facilitar procesos de alteración hidrotermal que afectan las propiedades mecánicas de la roca (Bear, 2013).

#### **2.4.5 Foliaciones y planos de debilidad**

Las foliaciones corresponden a estructuras planares generadas por procesos tectónicos, metamórficos o sedimentarios, y representan planos de anisotropía mecánica dentro del macizo rocoso (Passchier & Trouw, 2005). Incluyen esquistosidades, bandeamientos, planos de estratificación y superficies de flujo ígneo, cuya orientación refleja la historia deformacional de la roca.

Desde el punto de vista geomecánico, las foliaciones pueden ejercer un control significativo sobre la estabilidad del macizo, especialmente cuando su orientación es desfavorable respecto a los esfuerzos inducidos por la excavación. Estas superficies pueden actuar como planos de deslizamiento preferencial, facilitar la reactivación de discontinuidades o condicionar la generación de nuevas fracturas, generando un comportamiento anisotrópico del macizo (Twiss & Moores, 1992; Fossen, 2010; Hoek & Bray, 1981).

En minería subterránea, el análisis de foliaciones resulta clave para anticipar mecanismos de falla complejos, como deslizamientos rotacionales o colapsos controlados por capas paralelas. Su correcta identificación e integración en el diseño geomecánico es fundamental para evaluar la estabilidad de excavaciones y reducir riesgos asociados a anisotropías estructurales persistentes (Goodman, 1989; Hoek *et al.*, 2013).

## **2.5 Modelo del macizo rocoso**

El modelo del macizo rocoso representa la síntesis integrada de la información geológica, estructural, hidrogeológica y geomecánica, con el objetivo de caracterizar el comportamiento global del sistema rocoso bajo las condiciones naturales y operacionales de la minería subterránea. Este modelo constituye el nivel más complejo y aplicado dentro del marco conceptual de la geotecnia minera, ya que permite comprender cómo las propiedades intrínsecas de la roca, las discontinuidades y el agua interactúan entre sí para definir el desempeño mecánico del macizo frente a excavaciones, esfuerzos inducidos y cambios en el régimen tensional facilitando la evaluación de la respuesta del terreno frente a excavaciones y esfuerzos inducidos (Seymour *et al.*, 2026).

Según Bieniawski (1989) y Hoek *et al.* (2013), un macizo rocoso puede definirse como un volumen de roca compuesto por uno o más tipos litológicos, atravesado por discontinuidades estructurales de diversa escala (fallas, diaclasas, fracturas, foliaciones), que colectivamente controlan sus propiedades mecánicas y su comportamiento ante la carga. La caracterización adecuada de este macizo es esencial para el diseño minero, la estimación de la estabilidad, la selección de métodos de explotación, la planificación del sostenimiento y la evaluación de riesgos geotécnicos.

A diferencia de los modelos geológicos o estructurales, el modelo del macizo no se centra exclusivamente en la descripción, sino en la interpretación del comportamiento conjunto del sistema rocoso, incorporando variables cuantitativas y cualitativas que reflejan su resistencia, deformabilidad, anisotropía, permeabilidad y susceptibilidad a la inestabilidad (Ismael *et al.*, 2023).

### 2.5.1 Parámetros de caracterización geotécnica del macizo rocoso

#### Discontinuidades

Las discontinuidades corresponden a superficies de debilidad de origen mecánico, tectónico o sedimentario que dividen el macizo rocoso en bloques y presentan una resistencia a la tracción muy baja o cercana a cero, por lo que su comportamiento mecánico depende principalmente de su resistencia al esfuerzo cortante (Barton, 1978). La presencia y distribución de estas estructuras condiciona de manera significativa la estabilidad, fragmentación y desarrollo de zonas débiles en minería subterránea (Díaz, 2017).

Las principales características utilizadas para describir y evaluar las discontinuidades (Figura 3) son:

- **Orientación:** Define la posición espacial de las discontinuidades respecto al campo de esfuerzos y a las excavaciones. Se expresa mediante el buzamiento (Dip) y la dirección de buzamiento (Dip direction). Cuando varias discontinuidades presentan orientaciones similares, se agrupan en familias estructurales o *joint sets*, las cuales controlan la anisotropía y los patrones de fracturamiento del macizo (Priest, 1993; Twiss & Moores, 1992).
- **Espaciamiento:** Corresponde a la distancia perpendicular entre discontinuidades contiguas de una misma familia estructural y es un parámetro clave para definir el tamaño de bloques y el grado de fracturamiento del macizo rocoso (Bieniawski, 1989). Espaciamientos reducidos se asocian a macizos más fracturados y menos estables, mientras que espaciamientos mayores favorecen un comportamiento más competente (Palmström, 2005; Priest & Hudson, 1976).
- **Persistencia:** Describe la extensión o continuidad observable de una discontinuidad. Discontinuidades de baja persistencia tienden a limitar el desarrollo de superficies de falla continuas, mientras que planos altamente persistentes pueden actuar como superficies de deslizamiento preferencial, especialmente si presentan orientaciones desfavorables respecto a los esfuerzos inducidos (Hoek & Bray, 1981; Brady & Brown, 2006).
- **Rugosidad:** Corresponde a las irregularidades de la superficie de la discontinuidad y controla en gran medida la resistencia al corte. Superficies rugosas generan mayor fricción y estabilidad, mientras que superficies lisas o pulidas favorecen fallas por

cizalle y una menor competencia geomecánica del macizo (Barton & Choubey, 1977).

- **Apertura:** Es la separación entre las paredes del plano discontinuo, la cual puede encontrarse vacía o rellena. Aperturas pequeñas favorecen un mejor comportamiento mecánico, mientras que aperturas mayores incrementan la deformabilidad, facilitan la circulación de fluidos y reducen la resistencia efectiva del macizo (Goodman, 1989; Hoek *et al.*, 2013).
- **Relleno:** Corresponde al material presente dentro de la discontinuidad, como arcillas, arenas, brechas, milonitas o minerales secundarios. Rellenos blandos disminuyen significativamente la resistencia y estabilidad del macizo, mientras que rellenos más duros o cementados pueden mejorar su comportamiento geomecánico (Bieniawski, 1989; Hoek & Brown, 1980).

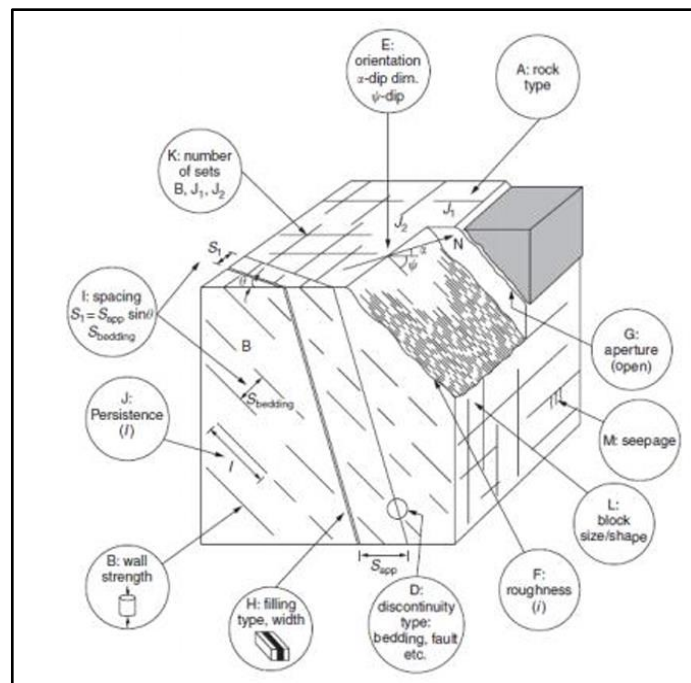


Figura 3: Propiedades de las discontinuidades (Wyllie, 1999)

### Roca intacta:

La caracterización de la roca intacta en ingeniería de minas se basa en ensayos de laboratorio destinados a determinar su resistencia y deformabilidad, parámetros fundamentales para el análisis geomecánico (Hoek & Brown, 1980; Jaeger *et al.*, 2007). El ensayo más utilizado corresponde a la compresión uniaxial (UCS), mediante el cual se obtiene la resistencia a compresión simple, el módulo de Young y la razón de Poisson (Brown, 1981; ISRM, 2007).

De manera complementaria, los ensayos de compresión triaxial permiten evaluar la influencia del confinamiento en la resistencia de la roca, proporcionando la base para la aplicación de criterios de falla como Mohr–Coulomb y Hoek–Brown, ampliamente utilizados en el diseño y evaluación de estabilidad de excavaciones subterráneas (Hoek *et al.*, 2002).

### **Esfuerzos:**

En un entorno minero, el macizo rocoso se encuentra sometido tanto a esfuerzos naturales como a esfuerzos inducidos por la excavación. Los esfuerzos naturales, denominados esfuerzos *in situ*, corresponden al estado tensional original del terreno y son generados principalmente por el peso de la sobrecarga y por procesos tectónicos regionales. La magnitud y orientación de estos esfuerzos constituyen un factor clave para evaluar la estabilidad de excavaciones subterráneas y el comportamiento del macizo rocoso (Hoek & Brown, 1980; Brady & Brown, 2004).

Por otra parte, los esfuerzos inducidos se desarrollan como respuesta a la excavación de labores mineras, ya que la remoción de material provoca una redistribución del campo de tensiones alrededor de túneles, galerías y caserones. Esta redistribución depende de la geometría de la excavación, de las propiedades mecánicas de la roca y del estado tensional previo del macizo (Jaeger *et al.*, 2007).

La estimación y análisis de estos esfuerzos se realiza mediante soluciones analíticas clásicas, como la formulación de Kirsch para excavaciones circulares, y mediante métodos numéricos basados en elementos finitos, diferencias finitas y elementos de contorno, ampliamente utilizados en la ingeniería geomecánica moderna para evaluar estabilidad y diseño de excavaciones subterráneas (Kirsch, 1898; Hoek *et al.*, 2002; Brady & Brown, 2004).

### **2.5.2 Métodos de clasificación de macizo rocoso**

Los sistemas de clasificación responden a la necesidad de unificar y cuantificar las características de un macizo rocoso en un indicador que permitiera normalizar los criterios utilizados por geomecánicos, vale decir, tener un código común. Los principales indicadores combinan mediciones de roca intacta con características de discontinuidades para asignar un puntaje al macizo rocoso con el cual se puede saber que tan competente es este. La siguiente lista presenta los principales sistemas de clasificación utilizados en el área de geomecánica:

- **RQD (Rock Quality Designation)** (Deere *et al.* 1967): Definieron el RQD como el porcentaje de la longitud perforada correspondiente a fragmentos de testigo de 10 cm o más, medidos sobre el eje del sondaje recuperado. El método fue desarrollado para

testigos de diámetro N (N-size), por lo que la calidad del dato depende directamente del diámetro del sondaje utilizado.

- **RMR (Rock Mass Rating)** (Bieniawski, 1976): Integra sumas de puntajes por: UCS, RQD, espaciamiento, condición y orientación de discontinuidades y aguas subterráneas.
- **MRMR (Mining Rock Mass Rating)** (Laubscher 1977): Agrega al RMR, esfuerzos in-situ e inducidos y efectos de tronadura y alteración.
- **GSI (Geological Strength Index)** (Hoek 1994): Desarrollado para escalar la resistencia del macizo rocoso de acuerdo con el criterio Hoek & Brown.
- **Q (Rock Tunneling Index)** (Barton, Lien and Lunde 1974): Diseñado para estimar los soportes necesarios en túneles construidos en roca dura. Incorpora el tamaño de bloques, la resistencia al corte entre bloques y los esfuerzos activos en su fórmula.

### 2.5.3 Variables geotécnicas y métodos de clasificación de interés

Dentro de los parámetros utilizados para describir el macizo rocoso, algunas variables adquieren especial relevancia en estudios que integran geotecnia y análisis geoestadístico. Entre las más importantes destacan la intensidad de fracturación ( $P_{32}$ ) y la frecuencia de fractura (FF), por su capacidad de representar cuantitativamente el grado de discontinuidad del macizo.

#### ➤ Intensidad de fracturación ( $P_{32}$ ):

La magnitud  $P_{32}$  corresponde al área total de discontinuidades por unidad de volumen y forma parte del sistema general  $P_{xy}$ , donde la notación refleja la dimensión del dominio y de la medición realizada (Dershowitz & Herda, 1992). Una de sus principales ventajas es su carácter aditivo, lo que permite su interpolación mediante métodos geoestadísticos convencionales. Aunque no siempre se mide de forma directa, puede estimarse a partir de datos de sondajes considerando el número y orientación de las discontinuidades interceptadas (Hekmatnejad *et al.*, 2017).

#### ➤ Frecuencia de fractura (FF):

La frecuencia de fractura corresponde al número de discontinuidades por unidad de longitud de testigo, generalmente expresada por metro (Jaeger & Cook, 1969). Este parámetro integra todos los tipos de discontinuidades presentes, pero presenta una fuerte dependencia direccional, ya que su valor varía según la orientación del sondaje respecto a los distintos sets estructurales. Esta característica debe ser considerada especialmente en análisis e interpolaciones geoestadísticas.

➤ RQD (Rock Quality Designation):

El RQD es un indicador que permite evaluar la calidad de un macizo rocoso utilizando los testigos de sondaje. Se calcula como el porcentaje de fragmentos de roca mayores a 10 cm respecto al largo total recuperado del sondaje.

$$RQD = \frac{\sum \text{Longitud de piezas del sondaje} > 10 \text{ [cm]}}{\text{Largo total del sondaje}} \times 100$$

Según la clasificación propuesta por Deere, valores bajos de RQD reflejan rocas muy fracturadas y de mala calidad, mientras que porcentajes superiores al 75 % representan macizos competentes y con buena continuidad estructural.

Tabla 1: Tabla 1: Relación RQD y calidad de roca para Ingeniería

| RQD          | Calidad de roca |
|--------------|-----------------|
| < 25 [%]     | Muy mala        |
| 25 – 50 [%]  | Mala            |
| 50 – 75 [%]  | Regular         |
| 75 – 90 [%]  | Buena           |
| 90 – 100 [%] | Muy buena       |

Cuando no se dispone directamente del testigo, el RQD puede estimarse mediante relaciones empíricas a partir de la frecuencia de fractura (FF) o del número de discontinuidades por volumen (Jv). Estas ecuaciones permiten aproximar la calidad de la roca en zonas sin recuperación de núcleo o con información estructural limitada.

➤ RMR (Rock Mass Rating):

El sistema RMR es un método de clasificación geomecánica propuesto por Bieniawski que evalúa la calidad del macizo rocoso a partir de la combinación de parámetros clave como la resistencia de la roca intacta, el RQD, el espaciamiento y las condiciones de las discontinuidades, y el estado del agua subterránea. La suma ponderada de estos factores entrega un índice numérico que permite estimar la competencia, estabilidad y comportamiento del macizo, siendo una herramienta fundamental para el diseño de excavaciones y sistemas de sostenimiento en minería subterránea (Bieniawski, 1989).

Tabla 2: Clasificación para el macizo rocoso según RMR

| Puntaje  | Número de clase | Descripción    |
|----------|-----------------|----------------|
| 100 – 81 | I               | Roca muy buena |
| 80 – 61  | II              | Roca buena     |
| 60 – 41  | III             | Roca media     |
| 40 – 21  | IV              | Roca mala      |
| < 20     | V               | Roca muy mala  |

➤ GSI (Geological Strength Index):

Es un índice que se puede estimar de forma cuantitativa como cualitativa. Proporciona una medida de la resistencia de un macizo rocoso, considerando su geología y el estado de las discontinuidades. Se clasifica en una escala de 0 a 100, donde valores más altos indican un macizo más resistente. La estimación de GSI cualitativo, se determina a partir de observaciones de las características de la roca, como la textura, el tipo de discontinuidades y su orientación (Hoek y Marinos, 2000).

Tabla 3: Clasificación de GSI según Hock y Marinos (2000)

| INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA GEOLOGICO GSI (Hoek & Marinos, 2000). A partir de la litología, Estructura y la condición de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio de GSI. No intente ser muy preciso. Escoger un rango de 33 a37 es más realista que fijar GSI=35. También notar que esta tabla no se aplica a mecanismos de falla controlado por estructuras. Donde se presenta planos estructuralmente débiles en una orientación desfavorable con respecto a la cara de la excavación, estos dominaran el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia al corte de las superficies en rocas que son propensas a deteriorarse como resultado de cambios en la humedad, se reducirá cuando exista presencia de agua. Cuando se trabaje con rocas de categoría regular muy mala, pueden moverse hacia la derecha para condiciones húmedas. La presión de poros se maneja con un análisis de esfuerzos efectivos. |                                                                                                                                                                                                     | CONDICIONES SUPERFICIALES                                      |                                                                  | DISMINUYE LA CALIDA DE SUPERFICIE                                    |                                                                                                     |                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ESTRUCTURA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                     | MUY BUENA<br>Muy rugoso, Superficies frescas sin meteorización | BUENO<br>Rugoso, ligeramente meteorizada, superficies con óxido. | REGULAR<br>Lizas, moderadamente meteorizada y superficies alteradas. | MALA<br>Espejo de falla, altamente meteorizadas con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos. | MUY MALA<br>Espejo de falla, superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Intacta o Masivo: Especímenes de roca intacta o masivo en roca in situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.                                                                           | 90                                                             |                                                                  |                                                                      | N/A                                                                                                 | N/A                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Levemente fracturado: Macizo rocoso no disturbado, muy bien entrelazado, constituido por bloques cúbicos formados por tres familias de discontinuidades.                                            | 80                                                             | 70                                                               |                                                                      |                                                                                                     |                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Moderadamente fracturado: Entrelazado, macizo rocoso parcialmente disturbado con bloques angulosos de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades.                                |                                                                | 60                                                               | 50                                                                   |                                                                                                     |                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Muy fracturado/Disturbado/Agrietada: Foliada con bloques angulosos formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades. Persistencia de planos de estratificación o esquistosidad . |                                                                |                                                                  | 40                                                                   | 30                                                                                                  |                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Desintegrado: Pobremente entrelazado, macizo altamente fracturado compuesto de una mezcla de pedazos de rocas angulosas y redondas.                                                                 |                                                                |                                                                  |                                                                      | 20                                                                                                  |                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Foliado/Laminado/Cizallado: Falta de formación de bloques debido al pequeño espaciamiento o esquistosidad débil o planos de corte.                                                                  | N/A                                                            | N/A                                                              |                                                                      |                                                                                                     | 10                                                                                                             |

## CAPÍTULO III: MARCO GEOLÓGICO

### 3.1 Contexto tectónico distrital

El distrito presenta dos dominios geológicos principales dispuestos W–E: al oeste domina el Batolito Copiapó, compuesto por intrusivos calco-alcalinios del Cretácico Inferior, y al este aflora una secuencia estratificada volcánica, volcanoclástica y sedimentaria (Figura 4) asociada a una cuenca marina somera de trasarco (Segerstrom y Parker, 1959; Marschik y Fontboté, 2001).

Esta secuencia corresponde al Grupo Chañarcillo (formaciones Punta del Cobre, Abundancia, Nantoco, Totoralillo y Pabellón), depositado desde el Berriasiano al Aptiano, con espesores de

hasta 1.700–2.000 m, y posteriormente afectado por inversión tectónica aptiana (Segerstrom y Ruiz, 1962; Marschik y Fontboté, 2001).

El emplazamiento posterior de los plutones del Batolito Copiapó (97–119 Ma) generó amplias aureolas de metamorfismo de contacto (Tilling, 1962; Marschik y Fontboté, 2001). Estructuralmente, el distrito está controlado por el Anticlinorio de Tierra Amarilla (eje NNE) y por un sistema de fallas NNW–NW que compartimentan el área, contexto en el que se desarrollan los distritos mineros Candelaria y Punta del Cobre, característicos del cinturón metalogénico de Atacama (Segerstrom, 1960; Marschik y Fontboté, 2001).

Mapa Geológico Distrital:

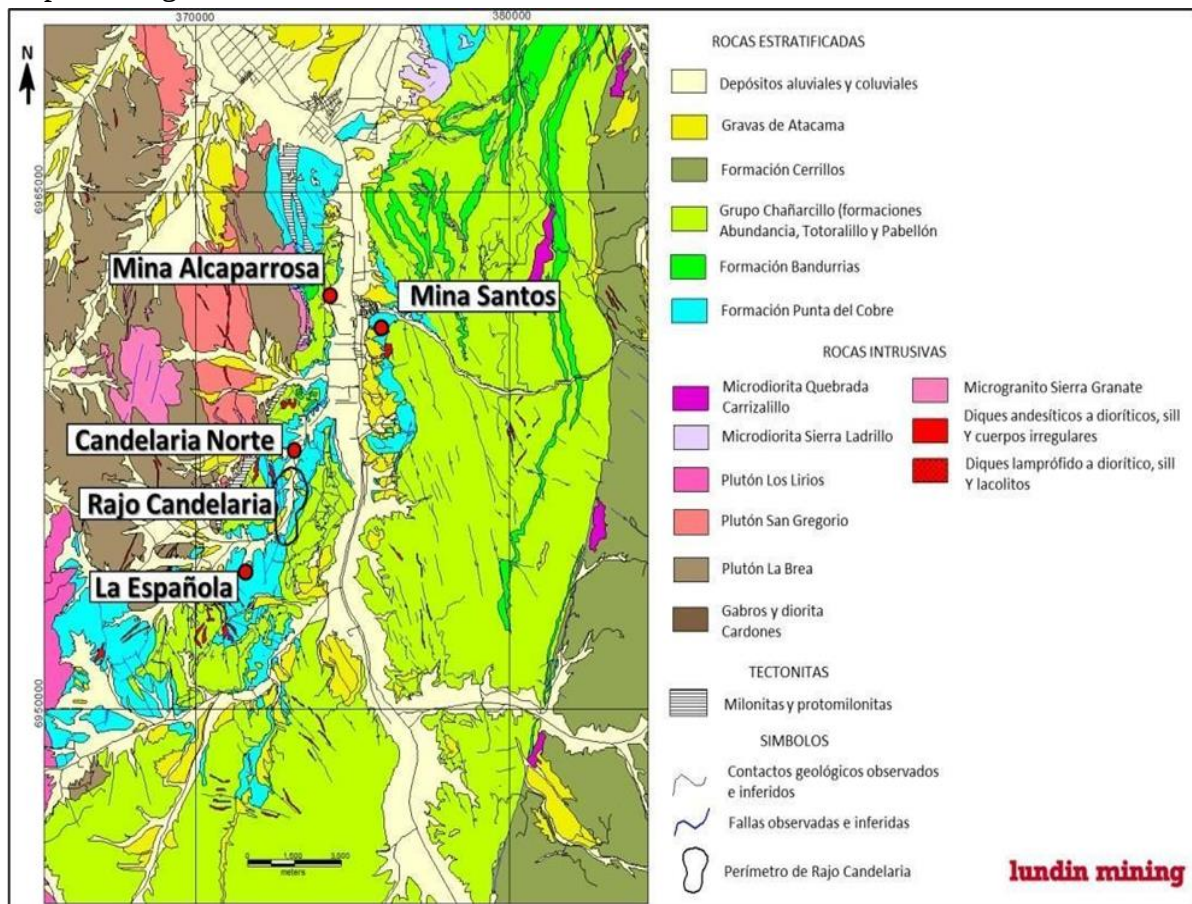


Figura 4: Mapa Geológico Distrital del Área de Estudio (Extraída de Lundin Mining 2020)

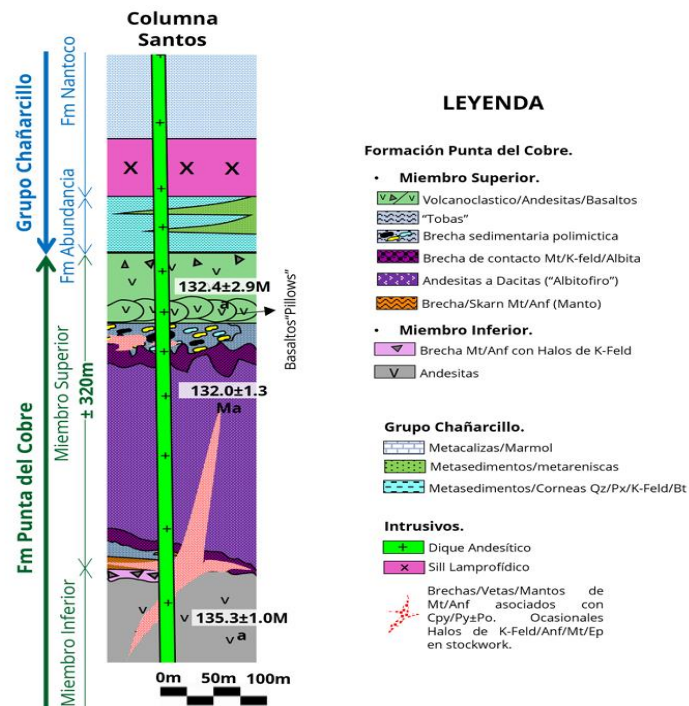


Figura 5: Columna Estratigráfica Distrital (Extraída de Lundin Mining 2023)

## 3.2 Marco geológico regional

### 3.2.1 Formación Punta del Cobre.

La Formación Punta del Cobre corresponde a la unidad estratigráfica más antigua del distrito y ha sido asignada tentativamente al intervalo Titoniano–pre Valanginiano Superior (Marschik & Fontboté, 2001). Su importancia radica en que constituye la principal roca hospedante de la mineralización en el distrito. Esta formación se subdivide en dos paquetes mayores. El paquete superior, con espesores superiores a 800 m, está compuesto por brechas volcanoclásticas y conglomerados con intercalaciones de sedimentos finos y niveles subordinados de lavas andesíticas y basálticas. El paquete basal, con más de 600 m de espesor, está dominado por andesitas masivas conocidas como “Andesitas Inferiores”, asociadas a domos dacíticos albitizados que afloran principalmente hacia el sector oriental del distrito (Marschik & Fontboté, 2001).

### 3.2.2 Formación Abundancia.

Apoyada en leve discordancia sobre las rocas de Punta del Cobre, la Formación Abundancia se caracteriza por su típica apariencia bandeada, resultado de la alternancia entre calizas, limolitas calcáreas y niveles volcánicos y volcanoclásticos, estos últimos más gruesos y potentes. Las capas superiores corresponden principalmente a calizas y limolitas finamente

estratificadas. Su espesor varía entre 205 m en Abundancia y 223 m en Quebrada Meléndez (Tilling, 1962). La fauna fósil estudiada por Corvalán (1974) permite atribuirle una edad Valanginiano Superior.

### **3.2.3 Formación Nantoco.**

Depositada concordantemente sobre la Formación Abundancia, la Nantoco fue descrita inicialmente mediante tres miembros (Alpha, Beta, Gamma), aunque posteriormente Segerstrom *et al.* (1962) la reagrupó en Miembro Inferior y Miembro Superior.

- El Miembro Inferior consiste en una sucesión uniforme de calizas grises con numerosas concreciones piritosas limonitizadas.
- El Miembro Superior está compuesto por calizas fétidas y múltiples lentes de yeso, presentando un mayor grado de deformación.

El espesor estimado varía entre 780 m y 1200 m (Arévalo, 1999). Su contenido fósil incluyendo *Crioceras andinum* y *Crioceratites schlagintweiti* permite situarla en el Hauteriviano. Hacia el norte, engranan lateralmente con la Formación Bandurrias (Segerstrom, 1960; Arévalo, 1995).

### **3.2.4 Formación Totoralillo.**

Esta unidad aflora al sur de Tierra Amarilla y yace concordantemente sobre la Nantoco. Se distingue por su fina y homogénea estratificación, conformada por limolitas calcáreas marinas y calizas margosas. Su espesor varía entre 180 y 200 m (Arévalo, 1999), aunque localmente puede superar los 500 m debido a efectos estructurales (Segerstrom *et al.*, 1963). Ammonites provenientes de Quebrada Meléndez permitieron asignarle una edad Hauteriviano Superior (Corvalán, 1974). Arévalo (1995) interpreta condiciones de depósito que se alternan entre ambientes intermareales y submareales.

### **3.2.5 Formación Pabellón.**

Es la unidad más joven del Grupo Chañarcillo y corresponde a un conjunto de rocas marinas dominadas por calizas de estratificación media a gruesa. Presenta intercalaciones de grauvacas, conglomerados, brechas y horizontes de chert, este último empleado como marcador estratigráfico (Segerstrom, 1960). En su parte superior aparece una importante secuencia (hasta 300 m) de lavas andesíticas porfíricas (ocoitas), interpretadas actualmente como coladas depositadas en un ambiente marino somero (Cisternas *et al.*, 1999).

### **3.2.6 Formación Bandurrias.**

Compuesta por una potente sucesión (2500 m) de rocas volcánicas andesíticas con intercalaciones de calizas, tobas, brechas y sedimentos continentales. Esta unidad se vincula con ambientes marinos someros que alternan con fases continentales áridas, caracterizadas por depósitos fluviales efímeros y dunas eólicas (Arévalo, 1999). Su edad se ha estimado entre Valanginiano–Aptiano Superior, apoyada por la presencia de fósiles como *Acanthodiscus*, *Olcostephanus* y *Crioceras*, documentados en las secuencias del Cretácico Inferior de la cuenca de Atacama (Bulot, 2015; Corvalán, 1973; ICS, 2024).

### **3.2.7 Formación Cerrillos.**

Apoyada en discordancia erosiva sobre Pabellón y Bandurrias, esta formación alcanza un espesor cercano a los 4000 m. Su mitad inferior está compuesta por conglomerados rojos, areniscas, tobas y depósitos volcánicos de avalancha; mientras que la parte superior incluye lavas andesíticas, brechas y aglomerados (Maksaev *et al.*, 2009). Las Dataciones U–Pb permiten establecer un rango desde Albiano Inferior hasta Maastrichtiano Superior. Representa un cambio mayor en la evolución del margen continental, marcando la transición desde sedimentación marina a un régimen continental dominado por erosión y volcanismo, asociado a la reorganización orogénica del Cretácico Superior (Mpodozis & Ramos, 1990).

### **3.2.8 Depósitos No Consolidados.**

Durante el Mioceno Medio a Superior, se acumularon extensos mantos de gravas polimícticas conocidos como Grava de Atacama, con intercalaciones de ignimbritas y tobas, cuyos fechamientos mediante  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  indican edades entre aproximadamente 12–9 Ma (Nalpas *et al.*, 2008). La incisión posterior de los sistemas de drenaje generó terrazas elevadas donde estos depósitos quedaron preservados con espesores de cientos de metros (Vernon *et al.*, 2005).

## **3.3 Rocas Intrusivas**

Las unidades intrusivas que conforman el margen occidental del distrito geológico afloran instruyendo y deformando parcialmente la secuencia volcano–sedimentaria descrita previamente. Estos cuerpos fueron originalmente estudiados por Tilling (1962) y, en trabajos posteriores, Marschik *et al.* (2003) los incorporaron al Complejo Plutónico Copiapó, distinguiéndolos según sus particularidades petrográficas y composicionales.

### **3.3.1 Plutón La Brea**

El Plutón La Brea es el cuerpo intrusivo de mayor extensión del distrito Candelaria–Punta del Cobre, con una superficie aproximada de 120 km<sup>2</sup>. Intruye a las rocas de la Formación Punta del Cobre y del Grupo Chañarcillo, definiendo su límite oriental, mientras que hacia el oeste se encuentra en contacto tectónico con una rama de la Falla de Atacama (Arévalo, 1995, 1999). Litológicamente corresponde a una diorita piroxénica de grano grueso, compuesta principalmente por plagioclasa, piroxeno y anfíbol, con menor feldespato potásico y cuarzo (Tilling, 1962). Dataciones <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar y U–Pb indican edades entre 119 y 97 Ma, asociadas a magmatismo calco-alkalino del Cretácico Inferior (Arévalo, 1994, 1995).

### **3.3.2 Plutón San Gregorio**

Este plutón monzodiorítico aflora en sectores topográficamente bajos entre las sierras Ojancos y El Granate, presentando una geometría alargada de aproximadamente 2 km de ancho y orientación cercana a N15W. Intruye a la Diorita del Plutón La Brea y su emplazamiento se encuentra controlado por las fallas Lar y San Gregorio, mientras que su límite sur está definido por la Zona de Cizalle Candelaria (Arévalo, 1999). Petrográficamente corresponde a monzodioritas equigranulares compuestas por plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, hornblenda, biotita y clinopiroxeno. Dataciones radiométricas indican edades cretácicas entre ~115 y 111 Ma, según resultados <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar y U–Pb (Arévalo, 1999; Marschik & Söllner, 2006; Barton, 2008).

### **3.3.3 Plutón Los Lirios**

Este cuerpo intrusivo se emplaza entre el borde oriental del Plutón La Brea y las rocas de la Formación Punta del Cobre, estando su límite norte controlado por la Falla Ojancos (Arévalo, 1999). Sus afloramientos, de color gris claro, corresponden principalmente a tonalitas de hornblenda–biotita y, en menor proporción, a granodioritas. Localmente se observan transiciones hacia dioritas cuarcíferas. La mineralogía consiste en cristales equigranulares de plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico, hornblenda y biotita, junto con cantidades trazas de clinopiroxeno (Arévalo, 2005). Las edades reportadas para este plutón corresponden a  $109,9 \pm 0,4$  Ma tanto en biotita como en hornblenda (método <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar; Arévalo, 1999), ubicándolo dentro del magmatismo cretácico medio del distrito.

### **3.3.4 Cuerpos Intrusivos Menores**

Asociados a los plutones mayores del Complejo Plutónico Copiapó, se reconocen diversos sills y diques de composición dacítica, andesítica y granítica (aplitas), los cuales cortan principalmente a las unidades sedimentarias y volcano-sedimentarias. La cartografía regional del área Vallenar-Domeyko y de la Hoja Los Loros describe de manera detallada la presencia de microgranitos y diques aplíticos asociados a los plutones mayores del complejo, indicando que estos cuerpos representan facies marginales o tardías vinculadas genéticamente a los pulsos intrusivos principales. Entre ellos destacan los microgranitos expuestos en Sierra Ojancos y Sierra El Granate, los cuales forman enjambres de diques y cuerpos tabulares interpretados como parte de la evolución tardía de los plutones del área (Arévalo, Mourgues & Chávez, 2009; Arévalo, 2005).

### **3.4 Rocas Metamórficas**

El emplazamiento de los intrusivos del Complejo Plutónico Copiapó generó una aureola de metamorfismo de contacto de gran extensión sobre el Grupo Chañarcillo y la Formación Punta del Cobre, con anchos de 2,5–3,5 km, constituyendo uno de los sistemas térmicos más relevantes del distrito (Tilling, 1962). En sectores proximales se desarrollaron skarns cálcicos y sódicos en rocas carbonatadas y skarns granate-piroxeno y cornubianitas en unidades volcanoclásticas, mientras que hacia zonas distales predominan asociaciones de bajo grado como clorita-epidota-carbonato (Marschik & Fontboté, 1996). En rocas volcánicas masivas se distinguen dos zonas metamórficas paralelas NE, reflejando un gradiente térmico decreciente. Este metamorfismo estuvo acompañado por deformación dúctil a frágil, destacando la Zona de Cizalle Candelaria, lo que evidencia un fuerte control estructural preexistente durante el emplazamiento intrusivo (Arévalo, 1999).

### **3.5 Geología estructural regional**

El rasgo estructural dominante del distrito es el Anticlinal Tierra Amarilla, una estructura regional de gran escala, abierta y de eje NNE, con flancos de inclinación moderada (20°–30°), que afecta a las rocas del Grupo Chañarcillo y de la Formación Punta del Cobre y registra los principales eventos compresivos del Cretácico en la región (Segerstrom *et al.*, 1963).

Este pliegue se desarrolla en estrecha relación con los sistemas de fallas Paipote y Chañarcillo, caracterizados por geometrías tipo flor positiva, vergencias opuestas y rumbo dominante NNE, evidenciando actividad durante fases contraccionales y un contexto tectónico transpresivo (Arévalo, 1999). A escala local, la presencia de pliegues menores, micropliegues y flexuras

refleja una respuesta mecánica heterogénea del paquete volcánico–sedimentario frente a los esfuerzos regionales (Camus, 1980). Superpuesto a este marco compresivo, se reconoce un sistema de fallas de rumbo predominantemente sinistral con orientaciones entre NS y NNW, acompañado por estructuras subsidiarias típicas de cizalle frágil, como fracturas Riedel y sistemas conjugados. Estas fallas presentan movimientos pre y post mineralización, con componentes horizontales y verticales, indicando una actividad estructural prolongada durante y posterior al emplazamiento de los cuerpos mineralizados (Von Osten, 1969). En conjunto, este arreglo define un régimen estructural complejo donde se combinan acortamiento regional y cizalle horizontal, observable en las secciones geológicas distritales integradas del área.

### **3.6 Geología económica distrital**

La geología económica del distrito está fuertemente vinculada a la actividad minera, la cual ha evolucionado en función de los ciclos de precios de los metales. En el área se concentra una amplia diversidad de depósitos de cobre, oro, hierro y plata, predominando vetas y mantos de pequeña a mediana escala que han sustentado una importante tradición de pequeña minería en distritos como Ojancos Nuevo, Ojancos Viejo y Jesús María. En paralelo, destacan yacimientos de mediana y gran minería asociados a depósitos estratoligados de cobre, siendo Candelaria y Punta del Cobre los principales exponentes de la minería moderna regional.

Desde la formulación del modelo IOCG (Iron Oxide–Copper–Gold) por Hitzman *et al.* (1992), estos depósitos han adquirido relevancia a escala global. En Chile, este enfoque permitió reinterpretar numerosos yacimientos clásicos e integrar a la Franja IOCG chilena depósitos como Manto Verde, Candelaria y el distrito Punta del Cobre (Marschik & Fontboté, 2001; Mathur *et al.*, 2002; Sillitoe, 2003). Este marco conceptual ha guiado los programas de exploración de las últimas décadas, consolidando a la Región de Atacama como un sector estratégico para la exploración y explotación de sistemas IOCG.

### **3.7 Marco geológico local de Mina Santos:**

La secuencia estratigráfica del sector de Mina Santos (Perfil geológico del distrito de minera Candelaria y columna estratigráfica de Mina Santos figura 6), descrita desde techo (superficie de erosión) hacia la base, está constituida por rocas volcánicas de la formación Punta del Cobre, seguidas por calizas del grupo Chañarcillo. Subyacen a estas las andesitas superiores, niveles volcanoclásticos del Miembro Trinidad y la brecha basal (Unidad Tobas), continuando hacia la base con unidades de Albitófiro y Andesitas inferiores.

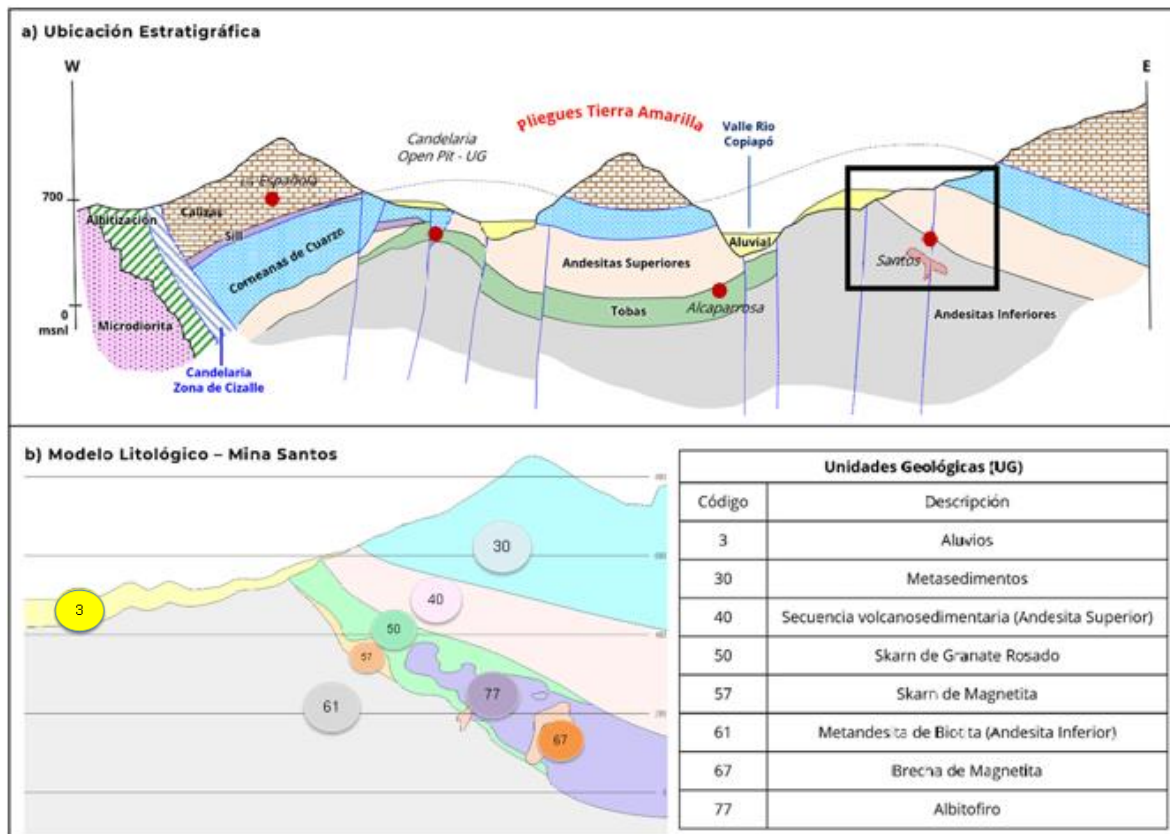


Figura 6: Perfil Geológico y Estructural Distrital (Extraído de Lundin Mining 2020)

### 3.7.1 Formación Punta del Cobre

Unidad Andesitas Inferiores - UG 61: Secuencia potente de flujos de lava andesítica, de composición variable y texturas porfíricas a afaníticas, de color gris verdoso oscuro. Aflora principalmente en el sector sur, donde presenta estructuras de almohadilladas que indican un emplazamiento subacuoso. La base no está expuesta y el techo corresponde a brechas volcanosedimentarias y areniscas de la Unidad Manto Inferior, en contacto concordante. En Mina Santos supera los 500 m de espesor sin reconocerse su base. Se correlaciona con las Lavas Inferiores de Punta del Cobre (Ortiz *et al.*, 1966 en Camus, 1980) y con las Andesitas Inferiores de mina Candelaria (Ryan *et al.*, 1987),

Albitofiro - UG 77: Cuerpos volcánicos tipo domo-lava de composición originalmente dacítica, emplazados concordante sobre el Manto Inferior (Marschik & Fontboté, 2001). Se reconocen como Albitofiro Norte y Sur, denominación asociada a la albitización hidrotermal (Ruiz, 1942), aunque sondeos en Mina Santos sugieren continuidad en profundidad, interpretándose como un único cuerpo. Presenta espesores de hasta ~400 m en Quebrada Meléndez, disminuyendo lateralmente, lo que indica un centro eruptivo en ese sector (Camus, 1980; Ortiz *et al.*, 1966). Litológicamente corresponde a una roca gris verdosa clara, de textura

porfírica, con fenocristales de plagioclasa, máficos cloritizados y cuarzo ocasional, en una matriz silíceo afanítica con texturas de flujo.

Unidad Manto Superior (Brecha de Magnetita) - UG 67: Secuencia de brechas volcanoclásticas intercaladas con limolitas y areniscas finas, dispuestas sobre el Albitófiro, con espesores de 30–50 m. La base puede ser gradacional o definida, mientras que el techo es concordante con la unidad de Limolitas y Tobas suprayacente; localmente, descansa directamente sobre el Manto Inferior. Las brechas son polimícticas y matriz-soportadas, con clastos volcánicos, sedimentarios y fragmentos de magnetita, con sulfuros subordinados. La matriz varía desde magnetita  $\pm$  hematita en la base a composiciones más finas y carbonatadas hacia techo. Presenta estructuras como laminación paralela y estratificación gradada. La porción basal rica en óxidos de Fe constituye la principal roca huésped de mineralización tipo manto de Cu. Se correlaciona con la “Brecha Sedimentaria” (Ortiz *et al.*, 1966) y la “Brecha Basal” (Marschik & Fontboté, 2001).

Unidad Tobas Indiferenciadas - UG 50: Sucesión de tobas y sedimentitas volcanoclásticas retrabajadas, dispuestas sobre las Andesitas Inferiores, con espesores cercanos a 200 m. La unidad se encuentra fuertemente afectada por metamorfismo de contacto y metasomatismo, lo que ha obliterado sus texturas primarias (Tilling, 1962; Marschik & Fontboté, 1996). Presenta carácter heterogéneo, con asociaciones metasomáticas dominadas por biotita, granate andradita, actinolita, piroxeno, cuarzo, feldespatos y escapolita, desarrollando skarn de granate y brechas de magnetita, en transición hacia la aureola metamórfica del Batolito Copiapó (Tilling, 1962; Marschik & Fontboté, 1996).

Unidad de Skarn de Magnetita - UG 57: Corresponde a un skarn de magnetita de color gris a verde oscuro, caracterizado por magnetita masiva a bandeada, localmente intercalada con cuarzo y anfíbol, reflejando metasomatismo de alta temperatura (Tilling, 1962; Marschik & Fontboté, 1996). En sectores brechosos, la magnetita se encuentra en una matriz anfibólica con sulfuros de calcopirita, pirita y pirrotina. Texturalmente presenta una textura blastoporfídica, con plagioclasa subhedral a euhedral incluida en una matriz recrystalizada rica en cuarzo y minerales máficos, evidenciando intensa interacción fluido–roca (Marschik & Fontboté, 1996).

Unidad de Andesitas Superior - UG 40: Está compuesta por lavas andesíticas de tonalidades pardo a verde oscuro, localmente amigdaloidales, con escasos fenocristales de plagioclasa, que se disponen discordantemente sobre las tobas y sedimentitas volcanoclásticas, alcanzando espesores cercanos a 200 m. Estas rocas fueron fuertemente afectadas por metamorfismo

térmico de contacto, transformándose en hornfels, con asociaciones minerales dominadas por plagioclasa sódica, biotita, hornblenda, ortoclasa y cuarzo, típicas de condiciones térmicas elevadas asociadas a la aureola del Batolito Copiapó (Tilling, 1962; Marschik & Fontboté, 2001).

Metasedimentos – UG 30: Corresponde a una secuencia volcano–sedimentaria intensamente metamorfizadas, interpretada como el equivalente metamórfico de las formaciones Abundancia y Nantoco del Grupo Chañarcillo. Se dispone discordantemente sobre las Andesitas Superiores, dentro de una zona de cizalle de bajo ángulo, alcanzando espesores de hasta 500 m. Predominan litologías de skarn y hornfels, con asociaciones minerales de granate andradítico, piroxeno, actinolita, escapolita, plagioclasa, cuarzo y magnetita, y texturas granoblásticas y porfiroblásticas, reflejando una intensa interacción entre metamorfismo de contacto y metasomatismo (Tilling, 1962; Arévalo, 1999; Marschik & Fontboté, 2001).

### **3.7.2 Formación Abundancia**

Corresponde a una secuencia sedimentaria marina bien estratificada, de aproximadamente 200 m de espesor, compuesta principalmente por areniscas calcáreas y calizas, organizada en paquetes que reflejan ambientes marinos someros con variaciones de energía y aporte sedimentario. Aunque no presenta mineralización relevante, constituye una unidad clave para la interpretación sedimentaria del Grupo Chañarcillo, siendo reconocida mediante mapeo superficial (Segerstrom & Parker, 1959; Marschik & Fontboté, 2001).

Gravas de Atacama: Depósitos continentales de edad Miocena, compuestos por gravas y conglomerados polimícticos mal seleccionados, con espesores entre 5 y 60 m, que cubren parcialmente superficies erosionadas de la Formación Punta del Cobre. Representan abanicos aluviales remanentes asociados a episodios de intensa denudación del relieve durante el Neógeno (Mortimer, 1973; Marschik & Fontboté, 2001).

Depósitos Cuaternario: Corresponden a acumulaciones recientes no consolidadas de gravas, arenas y detritos coluviales, desarrolladas en faldeos y quebradas principales. Representan los productos más recientes de los procesos geomorfológicos activos, asociados a remoción en masa y transporte episódico en ambientes áridos (Segerstrom, 1960).

Depósitos Aluviales (UG 3): Incluyen depósitos aluviales y de terraza formados por sedimentos semiconsolidados, polimícticos y de granulometría heterogénea, derivados del retrabajo de las unidades rocosas del valle. Rellenan quebradas activas y conforman terrazas fluviales asociadas a fases de migración y estabilización del río Copiapó, reflejando ambientes de alta energía (Mortimer, 1973; Arévalo, 1999).

Rocas Intrusivas: En la Mina Santos, las rocas intrusivas presentan exposición limitada y están representadas por dos cuerpos dioríticos principales y una red de diques andesíticos y dacíticos que cortan la secuencia volcano-sedimentaria de las formaciones Punta del Cobre y Abundancia.

Diorita de Hornblenda: Corresponde a stocks y sills emplazados principalmente en la parte superior de la Formación Punta del Cobre y en la Formación Abundancia. Son rocas de color verde a gris, textura porfídica equigranular fina, compuestas por hornblenda, piroxeno y plagioclasa, con magnetita diseminada. La presencia de estructuras columnares e hialoclastitas sugiere un emplazamiento somero, interpretándose el cuerpo principal como un criptodomo. Una edad K–Ar de  $125,1 \pm 7,7$  Ma indica magmatismo del Cretácico Inferior (Pop *et al.*, 2000).

Diorita Cuarcifera: Aflora como un sill de ~18 m de potencia, emplazado de forma levemente discordante en la Formación Abundancia. Presenta textura porfídica, con plagioclasa, cuarzo y anfíbol, y una matriz rica en cuarzo y feldespatos. La presencia de amígdalas rellenas con actinolita, clorita y epidota indica circulación de fluidos post-emplazamiento, coherente con un emplazamiento subvolcánico somero (Arévalo, 1999).

Diques Andesíticos y Dacíticos: Los diques constituyen uno de los elementos intrusivos más frecuentes en la Mina Santos, reconociéndose tanto en afloramientos como en sondajes, y cortando múltiples niveles estratigráficos.

- Diques andesíticos: Son cuerpos tabulares subverticales, con rumbo dominante NW y espesores entre centímetros y ~4 m. Corresponden a andesitas de color gris verdoso oscuro y textura porfídica, con plagioclasa y minerales ferromagnesianos cloritizados en una matriz afanítica, localmente con piritita o magnetita diseminada. Su emplazamiento suele estar controlado por fallas y fracturas preexistentes (Arévalo, 1999).
- Diques dacíticos: Presentan orientaciones más variables, entre NW y NE, con potencias de decímetros hasta 5 m. Son rocas de color gris claro, textura porfídica, dominadas por

plagioclasa, “ojos” de cuarzo y escasos anfíboles en una matriz silícea fina, interpretándose como productos de eventos magmáticos tardíos y de emplazamiento relativamente superficial en el distrito (Marschik & Fontboté, 2001).

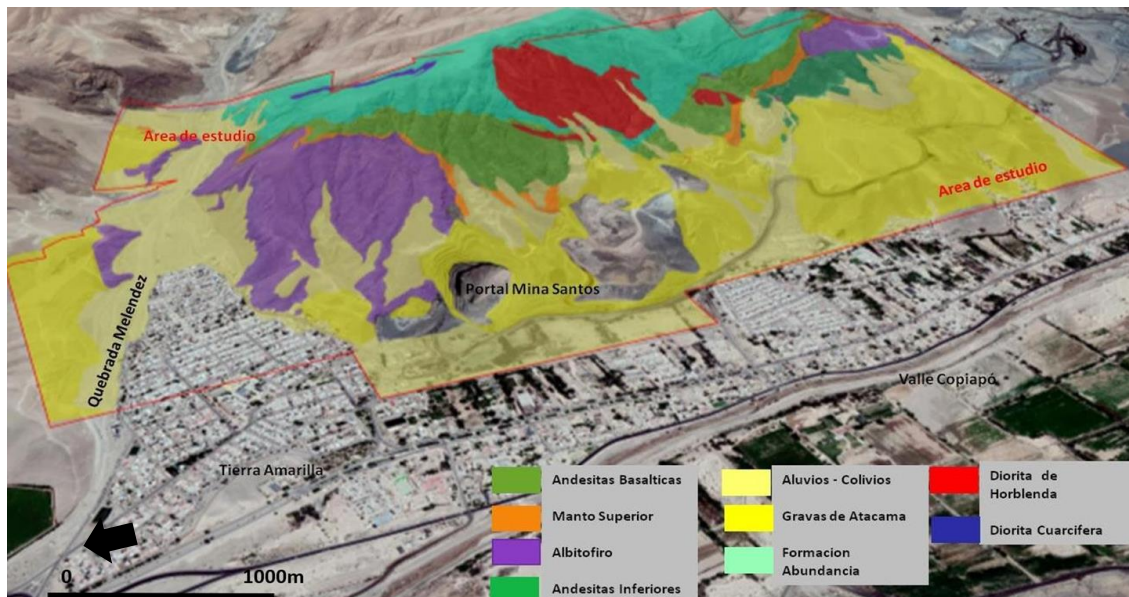


Figura 7: Vista Panorámica de las Unidades Litológicas de la Mina Santos (Extraído desde Lundin Mining 2018)

Tabla 4: Tabla estratigráfica simplificada – Unidades Geológicas de la Mina Santos.

| <b>Unidad Local</b>               | <b>Código</b> | <b>Litología / Características Principales</b>      | <b>Espesor aprox.</b> | <b>Relación Estratigráfica</b>   | <b>Unidad Regional / Correlación</b> |
|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| Depósitos Aluviales               | UG 3          | Sedimentos aluviales polimícticos, heterogéneos     | —                     | Rellenan quebradas               | Depósitos recientes                  |
| Metasedimentos                    | UG 30         | Skarn y hornfels con granate, piroxeno y actinolita | hasta 500 m           | Discordante sobre Andesitas Sup. | Grupo Chañarcillo                    |
| Andesitas Superiores              | UG 40         | Lavas andesíticas metamorizadas (hornfels)          | ~200 m                | Discordante sobre tobas          | Formación Punta del Cobre            |
| Skarn de Magnetita                | UG 57         | Skarn con magnetita masiva y sulfuros               | —                     | Asociado a metasomatismo         | Sistema de skarn distrital           |
| Tobas Indiferenciadas             | UG 50         | Tobas y volcanosedimentitas metasomatizadas         | ~200 m                | Sobre Andesitas Inf.             | Secuencia volcano-sedimentaria       |
| Manto Superior (Brecha Magnetita) | UG 67         | Brechas volcanoclásticas con magnetita              | 30–50 m               | Sobre Albitófiro                 | Brecha Basal / Sedimentaria          |
| Albitófiro                        | UG 77         | Domos dacíticos albitizados                         | hasta 400 m           | Sobre Manto Inferior             | Dacitas distritales                  |
| Andesitas Inferiores              | UG 61         | Lavas andesíticas, ambiente subacuoso               | >500 m                | Base no expuesta                 | Lavas Inferiores                     |

### 3.7.3 Geología estructural de la Mina Santos

El distrito está estructuralmente dominado por el Anticlinorio de Tierra Amarilla, un gran pliegue regional de eje NNE y flancos con inclinaciones cercanas a 25°, sobre cuyo flanco oriental se emplaza la Mina Santos. En este sector, las unidades estratificadas presentan pliegues menores y flexuras, evidenciando una historia tectónica compleja.

El análisis estructural permitió identificar dos sistemas principales: un sistema NNW–NW, que constituye el tejido estructural dominante de la mina e incluye las fallas Isabel, Helena y Meléndez, y un sistema transversal NE–ENE, integrado por las fallas Karen, Tirana y las Fallas de Bajo Ángulo, cuya interacción con el sistema NW incrementa la complejidad estructural del yacimiento.

### **3.7.3.1 Sistema estructural principal NNW-NW:**

- A. Sistema Falla Isabel: Corresponde a un conjunto de fallas con rumbos entre N15°W y N30°W y buzamientos altos (75°–85° W), con una extensión aproximada de 1,2 km, prolongándose hacia el SE fuera del área de estudio. Es uno de los sistemas estructurales más relevantes del sector, ya que controla el emplazamiento de diques andesíticos y vetas de actinolita–magnetita–cuarzo asociadas a mineralización de cobre. En superficie se reconocen numerosos laboreos mineros artesanales a lo largo de su traza, y localmente presenta componentes de desplazamiento dextral.
- B. Sistema Falla Meléndez: Se desarrolla en el sector norte del área de estudio y presenta rumbos entre N40°W y N55°W, con buzamientos cercanos a la vertical. Este sistema hospeda laboreos mineros artesanales de mineralización oxidada de cobre, principalmente asociados a vetas y vetillas de calcita. Algunas de las fallas que lo componen muestran evidencias de desplazamiento dextral, indicando un comportamiento cinemático similar al del sistema Isabel.
- C. Sistema Falla Helena: La Falla Helena es una estructura mayor de expresión regional, con rumbo N27°W y buzamiento 82°SW, perteneciente al sistema tectónico principal NNW–NW del distrito Punta del Cobre. Se trata de una falla subvertical, de alta continuidad, que limita bloques estructurales y controla la disposición de numerosas fracturas asociadas. Junto con los sistemas Isabel y Meléndez, constituye uno de los lineamientos dominantes que organizan la arquitectura estructural del sector de la Mina Santos.

### **3.7.3.2 Sistema estructural secundario NNE-NE:**

- A. Sistema Falla Karen: La Falla Karen presenta un rumbo N39°E y un buzamiento 83°SE, correspondiendo a una estructura subvertical del sistema transversal NE del distrito. Actúa como una discontinuidad mayor que segmenta y desplaza las unidades volcánico–sedimentarias, ejerciendo un control estructural significativo sobre el macizo rocoso. Su orientación la convierte en una falla clave dentro del sistema NE–ENE, influyendo en la distribución de fracturas secundarias y en el aumento de la complejidad estructural en varios sectores de la Mina Santos.
- B. Sistema Falla Tirana: La Falla Tirana es una estructura de rumbo N74°E y buzamiento 85°SE, perteneciente al sistema de fallas transversales del distrito. Se caracteriza por su geometría subvertical y alta continuidad, cortando de manera efectiva las unidades

volcánicas y sedimentarias. Constituye uno de los principales lineamientos estructurales NE presentes en el entorno de la Mina Santos.

- C. Sistema Fallas de Bajo Ángulo (Inf-Sup): Las Fallas de Bajo Ángulo corresponden a un par de estructuras subparalelas asociadas al sistema transversal NE de la Mina Santos, con rumbos cercanos al NNE y buzamientos moderados a altos. Estas fallas actúan como planos de cizalle que cortan y desplazan las unidades volcánicas y volcano-sedimentarias del distrito, generando zonas de deformación local y discontinuidades secundarias, las cuales influyen en la arquitectura estructural y en la distribución de familias de fracturas, especialmente en los sectores orientales del yacimiento.

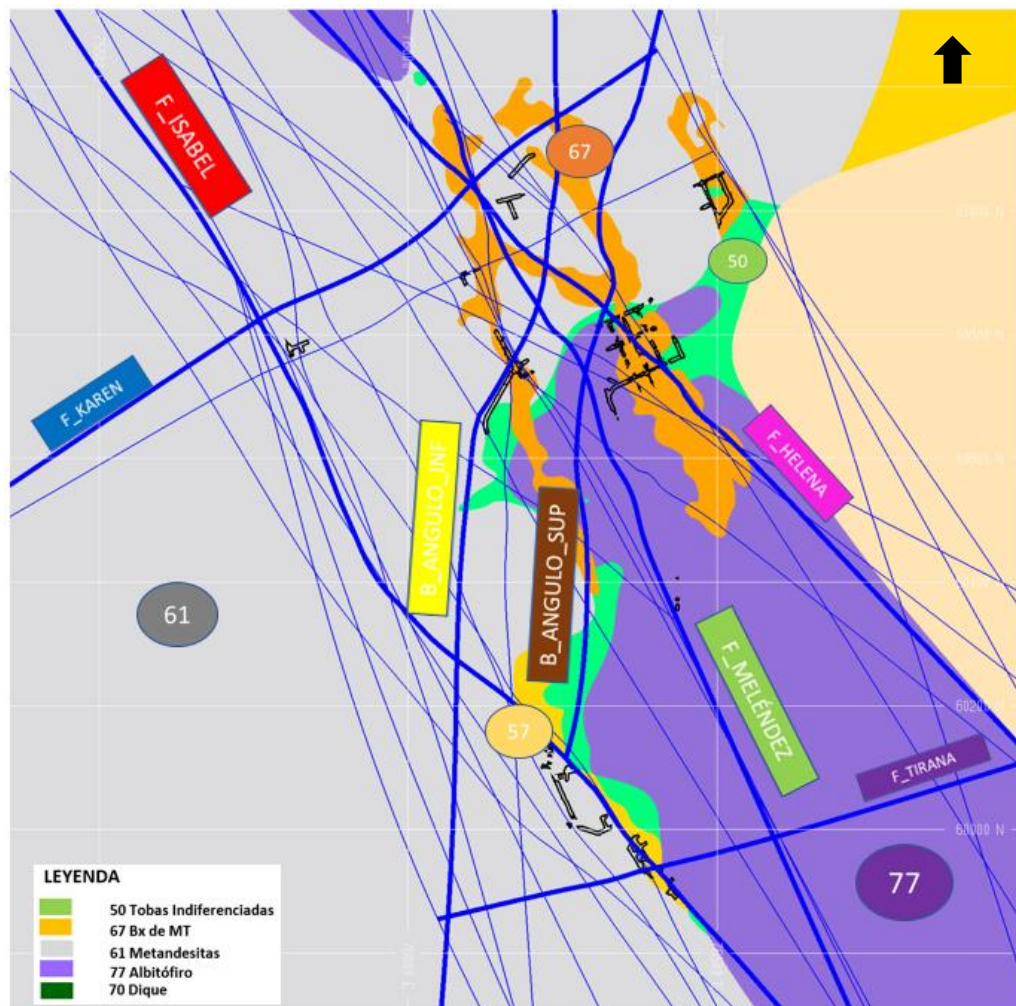


Figura 8: Visualización en planta de las zonas delimitadas por las fallas mayores y la litología presente en el área de estudio (Elaboración Propia).

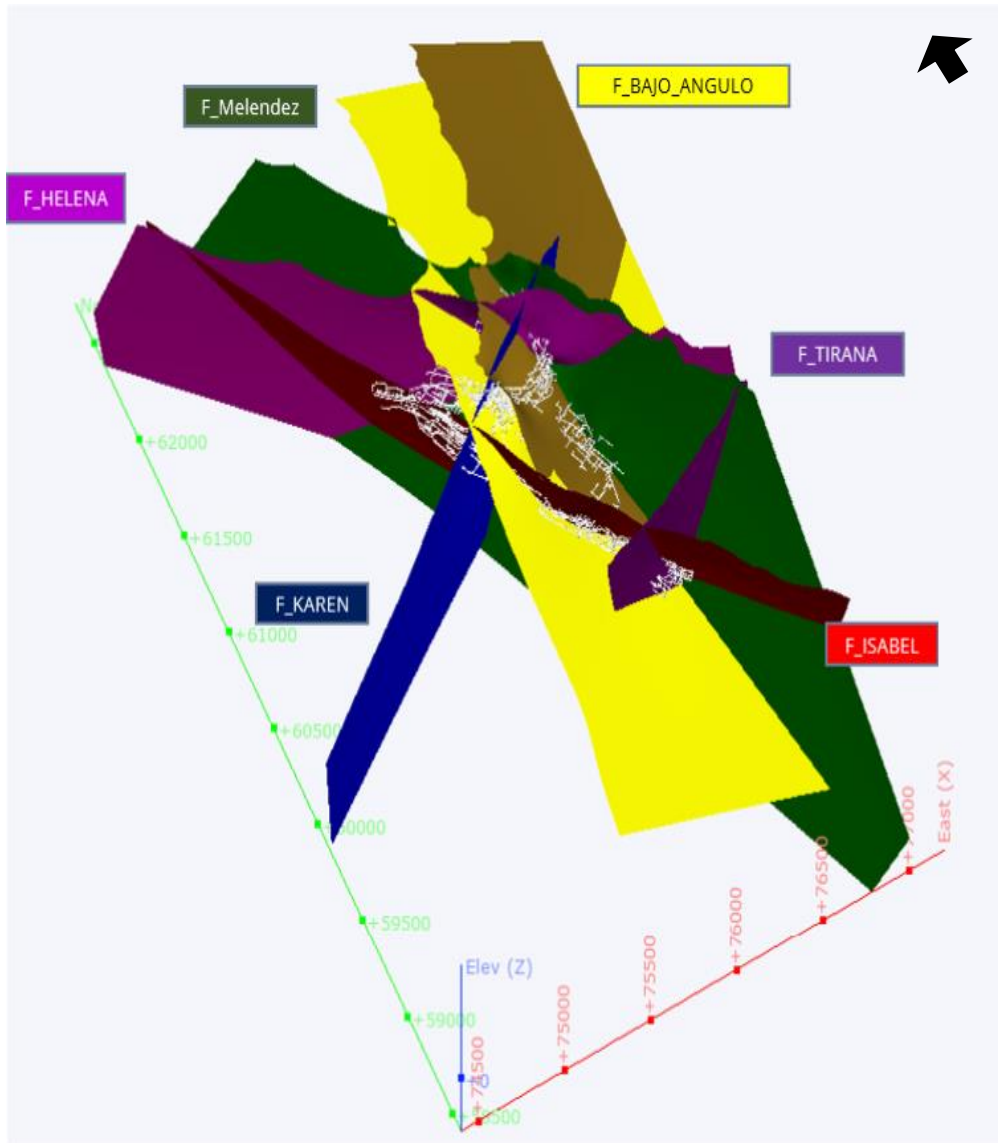


Figura 9: Fallas Mayores de la Mina Santos, utilizadas para definición del Dominio Estructural NNW-NW y NE-ENE, imagen transversal de la Mina Santos (Elaboración Propia)

## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

La metodología de este estudio se orientó a desarrollar un análisis estructural riguroso y reproducible para la definición de dominios estructurales en la Mina Santos, mediante un flujo de trabajo que integró la construcción y validación de la base de datos estructural, la estandarización y transformación angular de orientaciones, y el procesamiento estadístico con herramientas especializadas. Este enfoque permitió identificar patrones de orientación dominantes por zona y subzona, sustentando la caracterización estructural del macizo rocoso a partir de criterios geológicos y procedimientos computacionales coherentes.

### 4.1 Creación de la base de datos

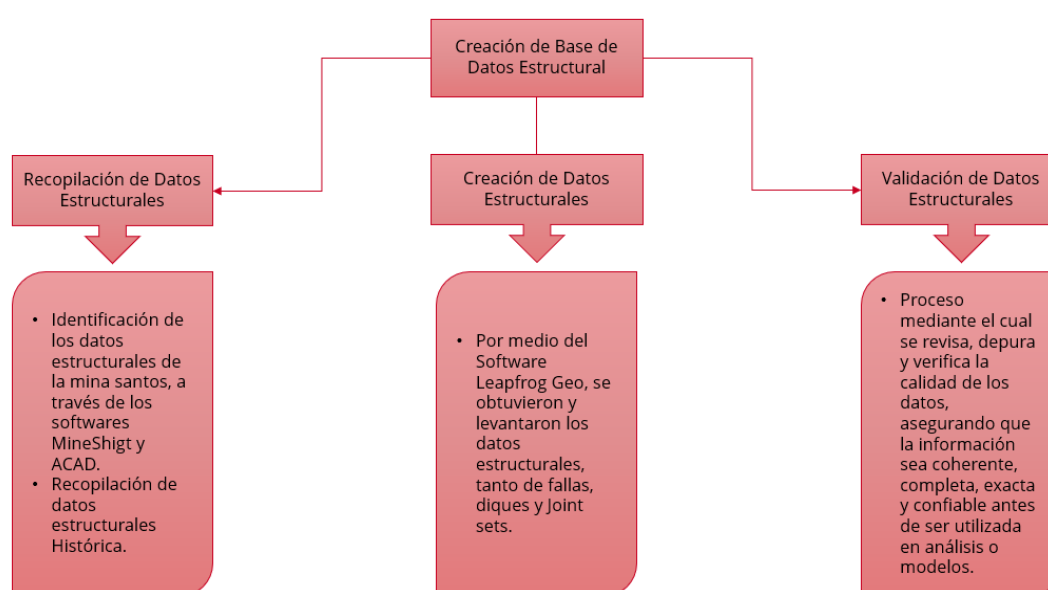


Figura 10: Diagrama de flujo conceptual de la creación de la base de datos (Elaboración propia)

La generación de la base de datos estructural constituyó la primera etapa metodológica del estudio, proporcionando el soporte fundamental para el análisis de orientaciones, la caracterización de los sistemas estructurales y la definición de dominios de rumbo en las distintas zonas y subzonas de la Mina Santos. Esta base fue construida mediante un proceso ordenado de recopilación, creación y validación rigurosa de la información estructural disponible.

#### 4.1.1. Recopilación de datos estructurales

Se realizó a partir de la identificación y organización de la información disponible para la Mina Santos, utilizando principalmente los softwares MineSight y AutoCAD. Desde estas

plataformas se recuperaron datos históricos generados por la operación, incluyendo levantamientos de fallas mayores, intermedias y menores, *joint sets*, diques y otros elementos estructurales. Adicionalmente, se incorporó una base de datos histórica compuesta por 7.199 registros provenientes de mapeos geológicos subterráneos de distintos periodos, lo que permitió obtener una visión representativa de la geometría estructural del yacimiento. La reconstrucción de los mapeos en AutoCAD facilitó la ubicación espacial de las estructuras por nivel, mientras que el uso de MineSight permitió vincular esta información con los caserones y desarrollos proyectados para el quinquenio 2025–2030.

#### 4.1.2. Creación de datos estructurales

La creación de nuevos datos estructurales se realizó mediante el software Leapfrog Geo, a través del cual se digitalizaron y modelaron tridimensionalmente fallas mayores e intermedias, diques, cuerpos intrusivos, *joint sets* y discontinuidades menores. Esta herramienta permitió integrar con alta precisión la geometría espacial y los parámetros de orientación de las estructuras, complementando y enriqueciendo la información histórica disponible. La integración de los datos provenientes de MineSight y AutoCAD con los registros generados en Leapfrog permitió consolidar una base de datos geo-estructural robusta y espacialmente consistente, compuesta por 7.199 registros de fallas y diques y 11.413 registros de *joint sets*, que constituyó el soporte fundamental para los análisis estructurales del estudio.

| Este          | Norte         | Elevacion     | Dip  | DipDir | Tipo estructura | Persistencia (m)    | Abertura (mm) | Rugosidad GE - PE | Relleno     | Alteracion | Frecuencia | UG              | Fase / Galeria | Caseron      |
|---------------|---------------|---------------|------|--------|-----------------|---------------------|---------------|-------------------|-------------|------------|------------|-----------------|----------------|--------------|
| 76168.1742356 | 60683.4465756 | 289.357032575 | 55.0 | 9.89   | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 4          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76163.724291  | 60680.2229281 | 288.923939147 | 60.0 | 2.36   | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 4          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76177.9559159 | 60687.4165549 | 288.292898459 | 90.0 | 267.48 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76175.3220917 | 60671.273072  | 287.606030539 | 90.0 | 90.0   | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76181.5237345 | 60670.0276098 | 288.162076797 | 0.0  | 0.0    | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76185.0668894 | 60670.4455497 | 287.334851461 | 90.0 | 273.73 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76181.7721784 | 60674.1387028 | 287.251840487 | 90.0 | 95.28  | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76187.576345  | 60676.1278955 | 287.725910458 | 75.0 | 277.84 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76191.7412783 | 60673.1258288 | 286.513829115 | 70.0 | 270.53 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76196.5847864 | 60679.756977  | 286.769510282 | 75.0 | 278.56 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76194.386024  | 60678.7047901 | 286.971629425 | 0.0  | 180.0  | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76188.6785503 | 60678.5886401 | 285.669235749 | 75.0 | 279.02 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76204.0190062 | 60678.1072558 | 285.318889884 | 75.0 | 277.54 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76208.2499994 | 60685.8318641 | 284.305561352 | 70.0 | 275.84 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76205.6647784 | 60678.5399213 | 284.9278388   | 0.0  | 343.84 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76212.1070559 | 60686.8027524 | 284.688866976 | 65.0 | 275.19 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76209.8807181 | 60681.4355046 | 285.040148365 | 70.0 | 275.63 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76215.5554849 | 60684.5672388 | 284.238504007 | 75.0 | 274.71 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76218.8051932 | 60690.5390344 | 283.693521349 | 70.0 | 273.21 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76221.0810845 | 60687.1143967 | 282.889217188 | 65.0 | 267.61 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76223.3785682 | 60692.9746455 | 283.058444443 | 75.0 | 258.49 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76226.1153223 | 60689.3820797 | 282.529121439 | 90.0 | 268.12 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | Cerrado       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76228.8549885 | 60690.3584734 | 282.950448992 | 10.0 | 93.63  | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76230.3891529 | 60686.7631461 | 0.0           | 10.0 | 91.45  | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76233.0757212 | 60689.9116299 | 281.611228218 | 15.0 | 103.2  | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76235.7366052 | 60684.1186243 | 281.697054815 | 10.0 | 102.82 | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 1          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76238.9100205 | 60682.5467626 | 0.0           | 80.0 | 91.01  | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76235.7103476 | 60688.4811918 | 280.927854688 | 40.0 | 88.01  | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |
| 76242.2889935 | 60686.133923  | 280.610840394 | 65.0 | 88.75  | Join Set        | tres (m) - dias (m) | 0.1 - 1       | Ondulada - Rugosa | Sin Relleno | No         | 2          | Albitroffo (77) | 280            | Cas_H53_2025 |

Figura 11: Base de datos Mina Santos - Caracterización de Joint Sets (Elaboración propia)

#### 4.1.3. Validación de la base de datos

Una vez recopilados y generados los datos estructurales, se realizó un proceso de validación, cuyo propósito fue garantizar que la información utilizada cumpliera con criterios mínimos de calidad, confiabilidad y coherencia interna. Esta validación incluyó:

- o Revisión de valores duplicados o inconsistentes

- o Corrección de errores en orientaciones angulares (valores fuera de rango, incongruencias Dip–Dip direction)
- o Eliminación de registros incompletos o con atributos faltantes
- o Verificación de la precisión espacial mediante coordenadas Este, Norte y Cota
- o Homogeneización de unidades y formatos
- o Revisión cruzada con modelos tridimensionales y mapeos previos

Este proceso aseguró que los datos finales fueran coherentes, completos, exactos y confiables, permitiendo que los análisis posteriores como la conversión angular, el procesamiento estadístico y la identificación de familias de rumbo se realizarán sobre una base sólida y sin sesgos derivados de errores de origen.

La validación de la base de datos constituye un paso crítico, pues actúa como filtro de calidad previo al análisis estructural y asegura que los dominios resultantes representen fielmente el comportamiento real del macizo rocoso.

## 4.2 Procesamiento y análisis estructural

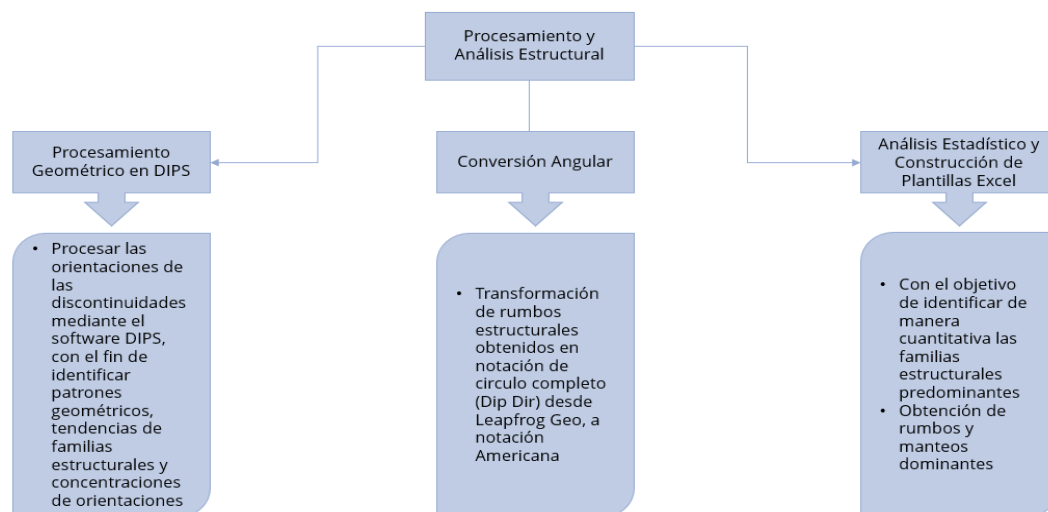


Figura 12: Diagrama de flujo-Procesamiento y Análisis Estructural (Elaboración Propia)

El procesamiento geométrico de los datos estructurales se realizó mediante el software DIPS, utilizando valores de dip y dip direction provenientes de la base de datos validada. Se generaron estereogramas por zona y subzona de la Mina Santos empleando la proyección de Schmidt y representando las estructuras como polos en el hemisferio inferior. La identificación de concentraciones de polos mediante contornos de densidad permitió reconocer las principales familias estructurales, mientras que los diagramas de roseta facilitaron la identificación de

patrones direccionales dominantes. El análisis integrado de estas herramientas permitió una primera interpretación del comportamiento estructural del macizo rocoso y la verificación de la coherencia de la base de datos, constituyendo un insumo clave para la definición de los dominios estructurales.

#### **4.2.2 Transformación de dato estructural**

Los datos originales de orientación estructural fueron transformados desde dip direction a rumbo (strike) con el fin de permitir su análisis comparativo y la definición de dominios estructurales. Los valores obtenidos fueron ajustados al rango 0°–360°, posteriormente normalizados hacia los cuadrantes cercanos al norte para estandarizar la representación direccional y evitar ambigüedades. Finalmente, los rumbos fueron convertidos a notación americana (NxxE / NxxW), asegurando una expresión uniforme y compatible de las orientaciones estructurales para su análisis mediante diagramas de roseta y métodos estadísticos.

#### **4.2.3 Análisis estadístico y construcción de plantillas Excel**

El análisis estadístico de las orientaciones estructurales se realizó mediante una plantilla Excel desarrollada específicamente para procesar los datos transformados a notación americana. Los registros fueron organizados por zona y subzona, permitiendo análisis focalizados por sector del yacimiento. La identificación de tendencias direccionales se efectuó mediante un método de ventanas móviles de  $\pm 10^\circ$ , lo que permitió reconocer picos de concentración asociados a las familias estructurales dominantes. A partir de este procedimiento se determinaron las principales familias de *joint sets* en cada subzona, registrando su orientación y grado de dominancia relativa. Este análisis permitió validar cuantitativamente los patrones geométricos observados en DIPS y constituyó la base estadística para la definición de los dominios estructurales del estudio.

### 4.3 Definición de los dominios estructurales (métodos)

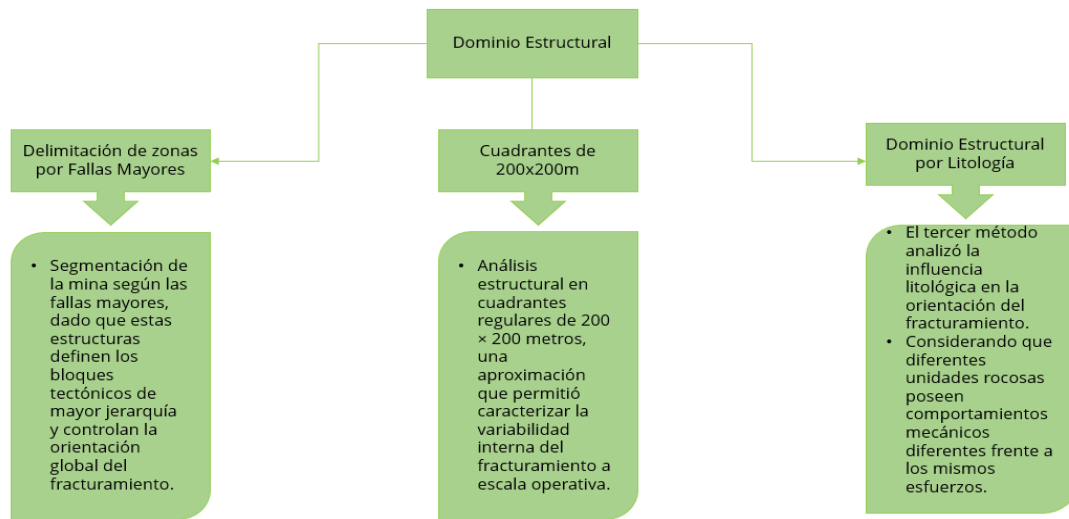


Figura 13: Diagrama Conceptual de la Definición de los Dominios Estructurales (Elaboración Propia)

La definición de los dominios estructurales de la Mina Santos se realizó mediante un enfoque integrado, basado en el análisis espacial, litológico y orientacional del macizo rocoso, a partir de una base geo-estructural consolidada de aproximadamente 18.612 registros. La metodología consideró que la arquitectura estructural de la mina estuvo controlada por procesos tectónicos de distinta escala, por lo que se aplicaron tres métodos complementarios: dominios definidos por fallas mayores, por cuadrantes regulares y por litología. La integración de estos métodos permitió construir un modelo estructural coherente y representativo del comportamiento estructural de la mina.

Tabla 5: Criterio de Rumbo Utilizado Notación Americana.

| Rumbo     | Dirección Cuadrante W | Dirección Cuadrante E |
|-----------|-----------------------|-----------------------|
| 0 - 5°    | N-S                   | N-S                   |
| 6 - 27°   | NNW                   | NNE                   |
| 28 - 54°  | NW                    | NE                    |
| 55 - 84°  | WNW                   | ENE                   |
| 85° - 90° | E-W                   | E-W                   |

Tabla 6: Criterio de Manteo Utilizado.

| Dip (Manteos)  | Ángulos  |
|----------------|----------|
| Sub-Verticales | 90°- 85° |
| Alto Angulo    | 84°- 60° |
| Bajo Angulo    | 59°- 30° |
| Sub-Horizontal | 29°- 15° |
| Horizontal     | 14° - 0° |

#### 4.3.1 Delimitación de zonas estructurales a partir de fallas mayores

El primer método de delimitación se basó en la subdivisión de la Mina Santos utilizando fallas mayores como límites estructurales (Figura 14), considerando su rol en el control de la arquitectura tectónica de mayor jerarquía del yacimiento. Para esta segmentación se definieron dos sistemas principales: un sistema dominante NW–NNW, compuesto por las fallas Helena, Meléndez e Isabel, y un sistema transversal NE–NNE, integrado por las fallas Karen, Tirana y las fallas de Bajo Ángulo. A partir del mapeo estructural histórico y del modelo geológico tridimensional, la mina fue segmentada en once zonas principales, con subdivisiones internas en sectores de mayor complejidad estructural. En cada zona y subzona se analizaron las orientaciones de fallas, diques y *joint sets* mediante estereogramas, rosetas y validación estadística, con el objetivo de identificar patrones estructurales dominantes y evaluar la coherencia estructural de los bloques definidos por fallas mayores.

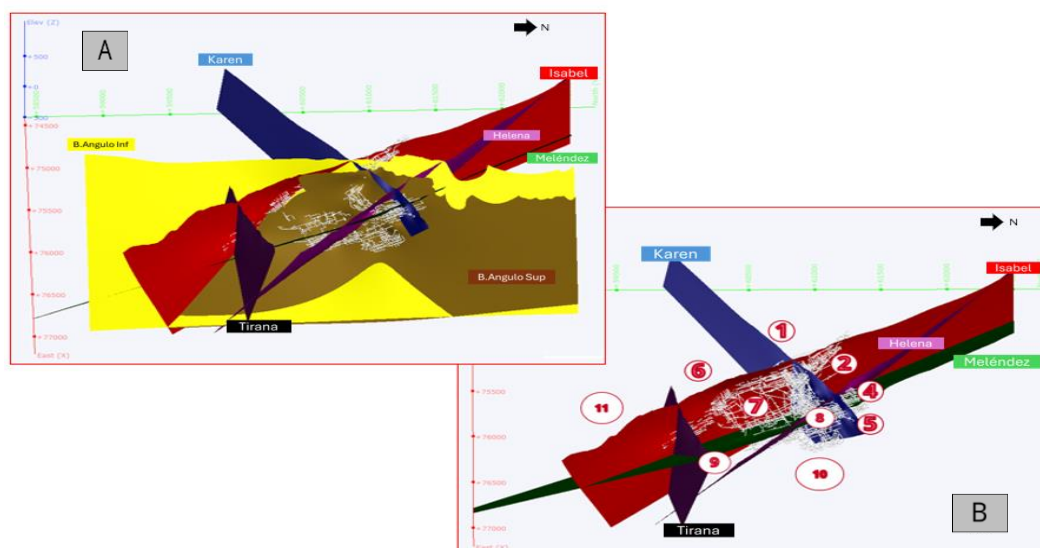


Figura 14: Zonas y Subzonas obtenidas del método 1, en la figura A se visualizan todas las Fallas mayores Utilizadas en la delimitación de las zonas, y en B se visualizan las mismas estructuras, menos las de bajo ángulo, para una mejor perspectiva (Elaboración propia)

#### 4.3.2 Definición del dominio estructural por cuadrantes de 200 x 200 m

El segundo método para la definición de dominios estructurales se basó en la subdivisión regular del yacimiento en cuadrantes de  $200 \times 200$  m (Figura 15), con el objetivo de analizar el comportamiento del fracturamiento a una escala local y capturar variaciones relevantes para la caracterización del macizo rocoso y la planificación minera. La grilla fue construida sobre el modelo tridimensional de la Mina Santos en Leapfrog, definiéndose dos áreas principales: un Área 1 correspondiente al sector occidental con actividad minera actual y un Área 2 asociada a sectores proyectados y geomecánicamente más sensibles. Cada área fue subdividida en cuadrantes regulares, a los cuales se asignaron los datos estructurales contenidos dentro de sus límites. Para cada cuadrante se elaboraron diagramas estereográficos y de roseta, permitiendo identificar tendencias direccionales dominantes y definir dominios monodominantes, bidominantes o multimodales. Este análisis permitió reconocer la expresión local de los sistemas tectónicos NW–NNW y NE–NNE, así como sectores de mayor complejidad estructural, complementando la segmentación por fallas mayores y aportando una visión de alta resolución espacial del comportamiento estructural del yacimiento.

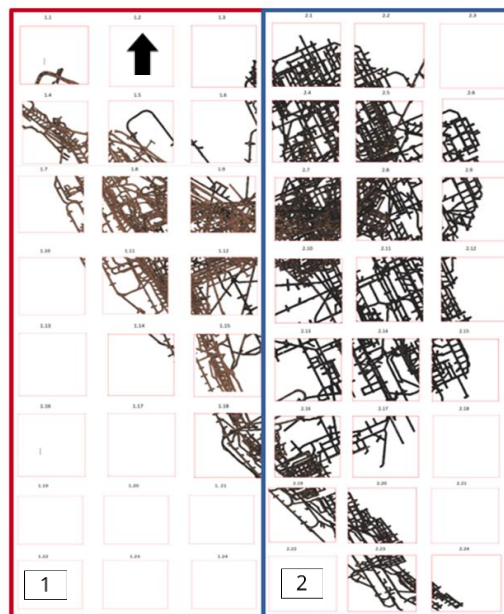


Figura 15: Mina Santos (topografía subterránea), Área 1(rojo): consta de 13 cuadrantes con datos estructurales; Área 2 (azul) consta de 20 cuadrantes de 200 x 200 m (Elaboración Propia).

#### 4.3.3 Definición del dominio estructural según la litología

El tercer método para la definición de dominios estructurales se basó en la segmentación del yacimiento según su litología (Figura 16), con el objetivo de evaluar la influencia de las propiedades mecánicas de las distintas unidades rocosas en el comportamiento del fracturamiento. El análisis se desarrolló a partir de las zonas definidas por fallas mayores, incorporando una subdivisión adicional por las principales unidades litológicas presentes en la Mina Santos. Para cada litología y zona se depuraron y estandarizaron los datos estructurales, los cuales fueron analizados mediante diagramas estereográficos y de roseta para identificar familias direccionales y planos dominantes. La interpretación integró los resultados orientacionales con el contexto geológico y la relación con las fallas mayores, permitiendo distinguir litologías con comportamiento estructural coherente y otras con mayor variabilidad direccional. Este enfoque evidenció el dominio regional NW–NNW y la influencia local de esfuerzos transversales NE–NNE, complementando los métodos anteriores y aportando una visión integrada del control litológico en la arquitectura estructural del yacimiento.

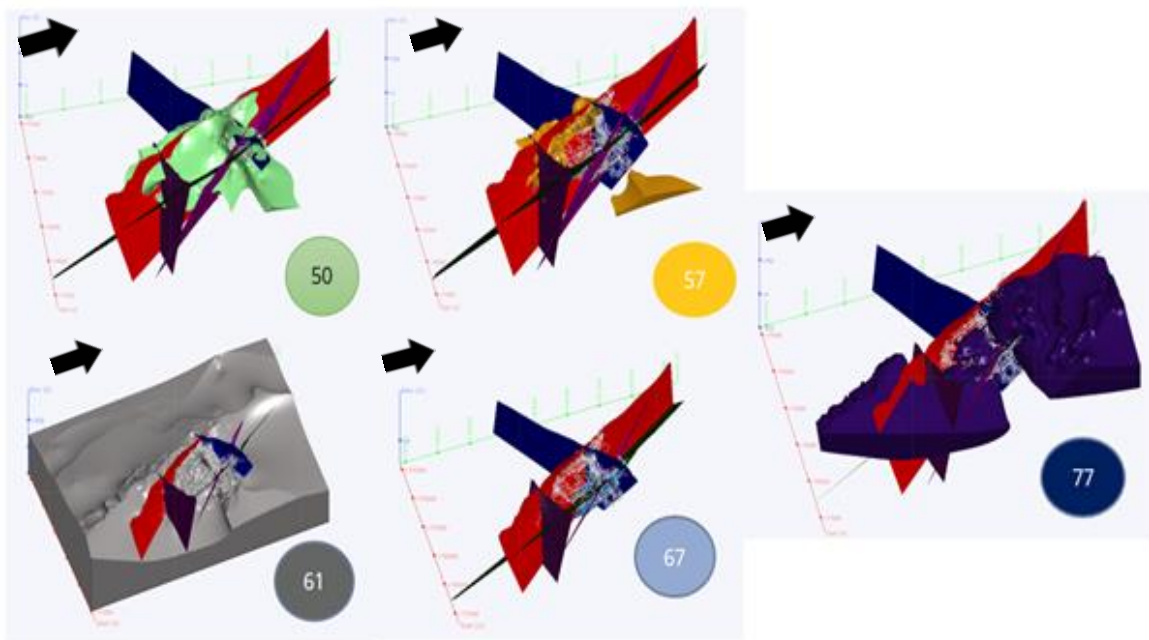


Figura 16: Representación en solidos de las litologías y estructuras mayores presentes en Mina Santos, utilizadas para el método 3 (Elaboración propia)

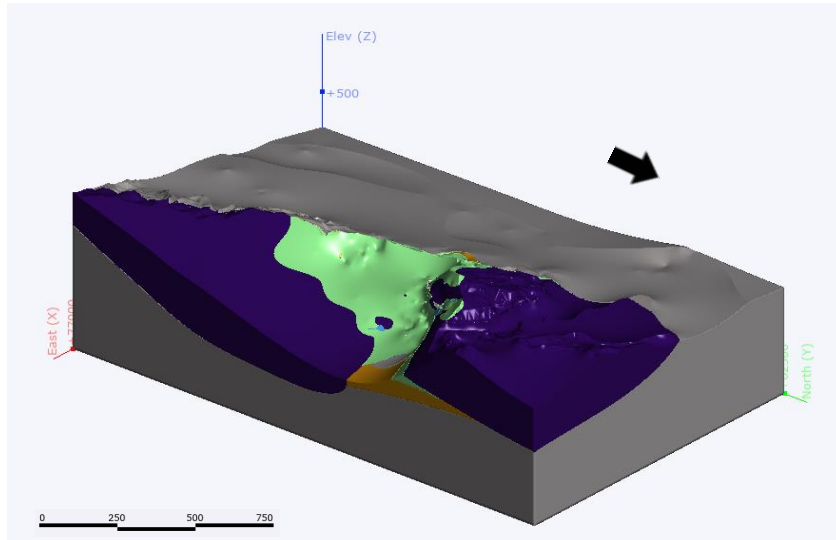


Figura 17: Modelo litológico de la Mina Santos en 3D (Extraído de Lundin Mining)

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1 Caracterización del dominio estructural obtenido mediante el método 1

#### ➤ Zona 1:

- Contexto general del dominio: La Zona 1 se localizó en el extremo María José de la Mina Santos y estuvo delimitada estructuralmente por la Falla Isabel al oeste y la Falla Karen al este. Litológicamente, la zona estuvo constituida exclusivamente por la unidad UG 61 (metandesita de biotita) y no incluyó caserones correspondientes al quinquenio 2025–2030.

- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 7: Resultados de Zona 1 de color verde, compuesta por una única subzona (1A) y se basa en un total de 524 datos estructurales, de los cuales 156 corresponden a Joint Sets y 368 a fallas. (Elaboración Propia)

| Tipo de Estructura  | Rumbo Dominante (Americano) | Buzamiento Promedio | Observación                   |
|---------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------------------|
| Fallas / Diques     | N27W                        | 80°                 | Patrón NNW-SSE                |
| Joint Sets – Sets 1 | N22W                        | 75°                 | Coincidentes con Fallas       |
| Joint Sets – Sets 2 | N2W                         | 76°                 | Tendencia N-S secundaria      |
| Joint Sets – Sets 3 | N81E                        | Alto Angulo         | Fracturamiento secundario ENE |

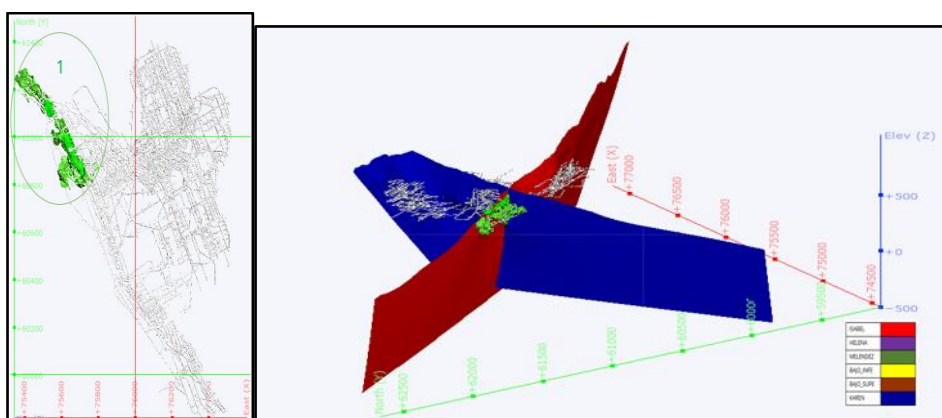


Figura 18: Ubicación de la zona 1, método 1 con vista en planta y transversal (Elaboración Propia).

- Interpretación del dominio estructural: Los resultados indicaron que la Zona 1 presentó un dominio estructural monodominante NW–NNW, con una fuerte coherencia entre las orientaciones de fallas y *joint sets*. El fracturamiento interno del bloque estuvo claramente controlado por el sistema estructural regional NW–NNW, asociado a las

fallas Isabel–Helena–Meléndez. Los *joint sets* mostraron una mayor dispersión direccional respecto de las fallas, registrándose orientaciones secundarias hacia N–S y ENE, observables tanto en el estereograma como en el diagrama de roseta. Sin embargo, estas orientaciones no modificaron el carácter monodominante del dominio y fueron interpretadas como fracturamiento secundario asociado a esfuerzos locales o reactivaciones internas del bloque. Desde el punto de vista geométrico, tanto fallas como discontinuidades presentaron manteos de alto ángulo (60°–84°), lo que fue consistente con un estilo de fracturamiento predominantemente subvertical.

➤ **Zona 2** (Subzonas 2a y 2b):

- Contexto general del dominio: La Zona 2 correspondió a un bloque estructural ubicado en el sector Meléndez de la Mina Santos. Este bloque estuvo compuesto por tres litologías dispuestas verticalmente: UG 77 en el techo, UG 50 en niveles intermedios y UG 61 en la base. Debido a la interacción estructural con las fallas Isabel, Helena, Karen y las Fallas de Bajo Ángulo Superior e Inferior, la zona fue subdividida en dos subzonas, 2A y 2B, las cuales mantuvieron continuidad litológica, pero presentaron diferencias estructurales menores asociadas a la proximidad de las estructuras mayor.
- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 8: Resultados de la Zona 2 de color amarillo, la cual se subdivide en las subzonas 2A y 2B. La subzona 2B se define a partir de 688 datos de fallas/diques y 659 de Joint Sets, mientras que la subzona 2A considera 221 datos de fallas/diques y 131 de Joint Sets. (Elaboración Propia)

| <b>Zona</b> | <b>Tipo de Estructura</b> | <b>Rumbo Dominante (Americano)</b> | <b>Buzamiento Promedio</b> | <b>Observación</b>               |
|-------------|---------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| <b>2A</b>   | Fallas / Diques           | N31W                               | 71°                        | Dominio NW, bien definido        |
| <b>2A</b>   | Joint Sets - Sets 1       | N15W                               | 79°                        | Dominio Principal                |
| <b>2A</b>   | Joint Sets – Sets 2       | E-W                                | Alto Angulo                | Dispersión menor                 |
| <b>2B</b>   | Fallas / Diques           | N27W                               | 79°                        | Similar a Zona 1                 |
| <b>2B</b>   | Joint Sets – Sets 1       | N22W                               | 78°                        | Coincidente con dominio regional |
| <b>2B</b>   | Joint Sets – Sets 2       | NNW                                | Alto Angulo                | No dominantes.                   |

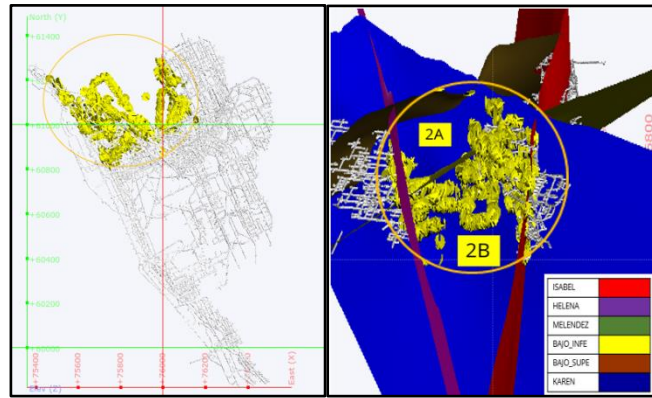


Figura 19: Ubicación de la zona 2, método 1 (Elaboración Propia).

- Interpretación del dominio estructural: El análisis estructural mostró que las subzonas 2A y 2B estuvieron caracterizadas por un dominio estructural monodominante NW–NNW, con una alta coherencia entre las orientaciones de fallas y *joint sets*. El fracturamiento interno estuvo controlado principalmente por el sistema estructural regional asociado a las fallas Isabel, Helena y Meléndez, evidenciando un control tectónico de primer orden. Las orientaciones de las discontinuidades se alinearon con los rumbos de estas fallas mayores, mientras que la influencia del sistema transversal fue poco significativa. La Subzona 2A presentó una dispersión direccional levemente mayor, atribuida a la proximidad de las fallas de Bajo Ángulo, en tanto que la Subzona 2B mostró un patrón más homogéneo, similar al observado en la Zona 1, lo que sugiere que ambos bloques respondieron a un mismo régimen deformacional.

➤ **Zona 4** (Subzonas 4A, 4M y 4B):

- Contexto general del dominio: La Zona 4 se ubicó en el sector Meléndez de la Mina Santos y estuvo delimitada por las fallas Meléndez, Helena, Karen y las fallas de Bajo Ángulo. Presentó una configuración litológica variable, con UG 77 en la parte superior, UG 67 en la zona intermedia y UG 61 en la base, lo que implicó contrastes relevantes de competencia mecánica dentro del bloque. Esta zona fue de particular importancia operacional, ya que albergó dos caserones proyectados para el año 2026. Desde el punto de vista tectónico, la Zona 4 correspondió al sector de convergencia entre el sistema estructural principal NW–NNW y el sistema transversal NE–ENE, condición que explicó la mayor complejidad estructural observada respecto de otras zonas del yacimiento.

- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 9: Resultados de Zona 4 de color azul, se subdivide en 3 áreas: superior (4A), media (4M) y inferior (4B). (Elaboración Propia)

| Zona / Subzona | UG                      | Rumbo FT/DK | Rumbo Joint Sets         | Nº de Estructuras   | Tipo de Dominio       | Observacion                      | Dip |
|----------------|-------------------------|-------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------------|-----|
| <b>4A</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG61  | NNE – N7E   | NNE – NE<br>N29E<br>N49E | F/D: 64<br>JN: 41   | Monodominante NE      | Bloque de interferencia          | 85° |
| <b>4M</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61 | NW – N30W   | NE<br>N44E<br>N45E       | F/D: 196<br>JN:381  | Mixto conjugado NW-NE | Familias ortogonales             | 87° |
| <b>4B</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61 | NW – N33W   | NW<br>N32W               | F/D: 106<br>JN: 242 | Monodominante al NW   | Coherencia con dominio principal | 80° |

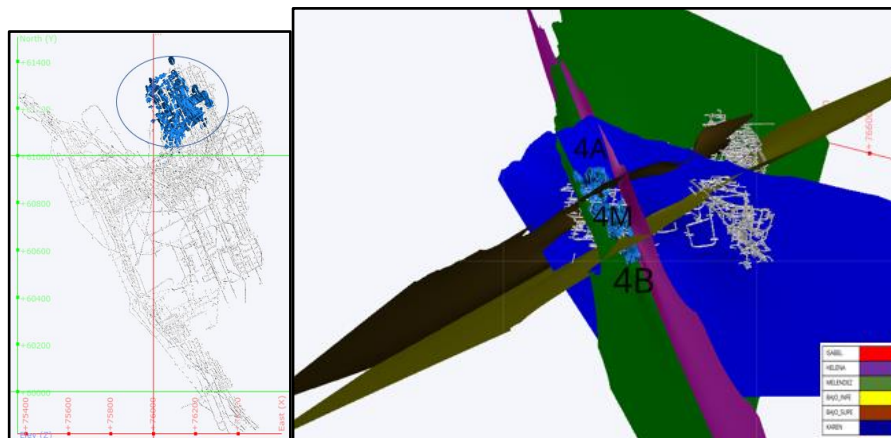


Figura 20: Ubicación de la zona 4, del método 1 con una vista en planta y transversal (Elaboración Propia).

- Interpretación del dominio estructural: La Zona 4 fue interpretada como un dominio estructural mixto, donde las subzonas 4A y 4M representaron sectores de interferencia tectónica NW–NE, caracterizados por mayor dispersión direccional y coexistencia de familias estructurales. En contraste, la Subzona 4B correspondió a un dominio NW–NNW puro, con fracturamiento más homogéneo y predecible.

Esta variabilidad interna tuvo implicancias directas para los caserones proyectados para el año 2026, ya que los sectores de interferencia presentaron condiciones estructurales más complejas, mientras que 4B ofreció un comportamiento geométrico más favorable para el diseño geomecánico.

➤ **Zona 5** (Subzonas 5A, 5M y 5B):

- Contexto general del dominio: La Zona 5 se ubicó adyacente a la Zona 4, conectando los sectores Meléndez y Santos Nova de la Mina Santos. Este dominio estuvo delimitado por las fallas mayores Meléndez, Karen y las fallas de Bajo Ángulo Inferior y Superior, configurándose como un sector de transición entre el sistema estructural principal NW–NNW y el sistema transversal NE–ENE.

Desde el punto de vista litológico, la zona presentó una alta heterogeneidad, con la presencia de las unidades UG 61, UG 67, UG 50 y UG 77, reflejando contrastes de competencia mecánica que favorecieron una respuesta estructural diferenciada entre subzonas. Esta complejidad litológica coincidió con una marcada variabilidad estructural interna, que justificó su subdivisión en las subzonas 5A, 5M y 5B.

- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 10: Resultados de Zona 5 de color naranja, esta zona presenta 3 subzonas. (Elaboración Propia)

| Zona / Subzona | UG                               | Rumbo FT/DK | Rumbo Joint Sets | Nº de Estructuras   | Tipo de Dominio                                                | Observación                                      | Dip |
|----------------|----------------------------------|-------------|------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----|
| <b>5A</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG61<br>UG 50  | ENE – N26E  | NNE<br>N11E      | F/D: 203<br>JN: 231 | Monodominante NE-ENE                                           | Dominio transversal, fracturamiento sub vertical | 80° |
| <b>5M</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61<br>UG 50 | NW – N29W   | NW<br>N34W       | F/D: 202<br>JN: 650 | Monodominante NW                                               | Familias homogéneas                              | 87° |
| <b>5B</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61<br>UG 50 | NNW – N20W  | N9W<br>N48E      | F/D: 250<br>JN: 108 | Monodominante al NW, con variabilidad en los <i>Joint Sets</i> | Coherencia con dominio principal NW              | 85° |

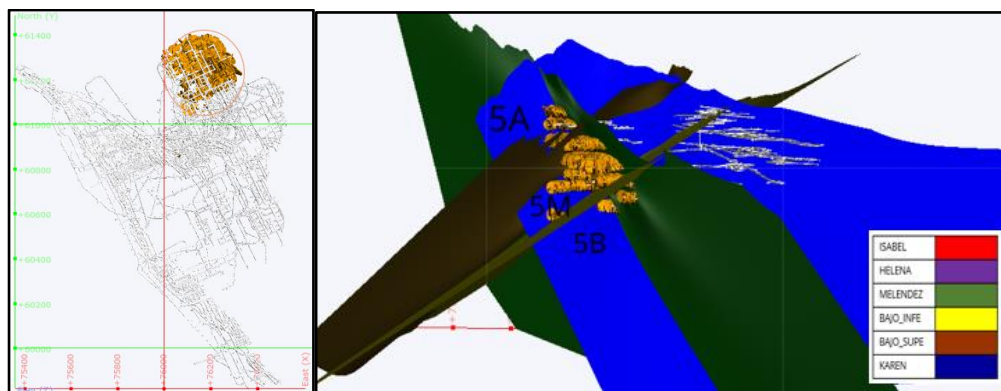


Figura 21: Ubicación de la zona 5 con vista en planta y transversal del método 1 (Elaboración Propia).

- Interpretación del dominio estructural: La Zona 5 correspondió a un dominio estructural transicional, donde se observó un cambio progresivo desde un control NE–ENE hacía un dominio NW–NNW. La subzona 5A estuvo claramente controlada por el sistema transversal Karen–Tirana–Bajo Ángulo, definiendo un dominio monodominante NE. En contraste, las subzonas 5M y 5B mostraron una clara reactivación del sistema estructural principal Meléndez–Helena, con fracturamiento predominantemente NW y alta coherencia geométrica. Este cambio vertical y lateral evidenció la interacción directa entre ambos sistemas tectónicos mayores, posicionando a la Zona 5 como un sector clave para comprender la transferencia de esfuerzos dentro del yacimiento.

#### ➤ Zona 6

- Contexto general del dominio: La Zona 6 se ubicó en el sector Oeste de la Mina Santos y estuvo constituida exclusivamente por la litología UG 61, lo que le otorgó un comportamiento mecánico relativamente homogéneo en comparación con las zonas transicionales adyacentes. Este bloque quedó delimitado por las fallas mayores Isabel, Karen y las fallas de Bajo Ángulo, configurando un dominio estructural de geometría simple y bien definida.

A diferencia de las Zonas 4 y 5, la Zona 6 no se emplazó en un sector de convergencia tectónica directa, lo que se reflejó en una menor complejidad estructural y en una respuesta más coherente del fracturamiento interno.

- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 11: Resultados de la Zona 6, método 1. Esta zona presenta una única subzona, al igual que la Zona 1, y se define a partir de 311 datos de fallas/diques y 187 mediciones de Joint Sets. (Elaboración Propia)

| <b>Tipo de Estructura</b>  | <b>Rumbo Dominante (Americano)</b> | <b>Buzamiento Promedio</b> | <b>Observación</b>         |
|----------------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>Fallas / Diques</b>     | N25W                               | 79°                        | Dominio NNW, bien definido |
| <b>Joint Sets - Sets 1</b> | N2W                                | 75°                        | Dominio N-S conjugado      |
| <b>Joint Sets – Sets 2</b> | N61E                               | 75°                        | Dispersión menor al ENE    |

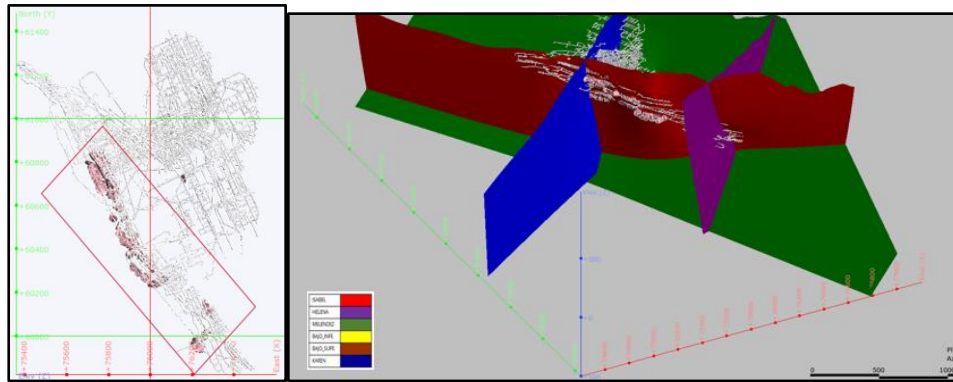


Figura 22: Ubicación de la zona 6, método 1 (Elaboración Propia).

- Interpretación del dominio estructural: La Zona 6 se interpretó como un dominio estructural bimodal, dominado por un sistema principal de fallas NW–NNW subverticales, directamente coherente con las orientaciones de las fallas Helena y Meléndez, que definieron el marco estructural del bloque. Los *joint sets* mostraron una familia secundaria N–S y una dispersión menor ENE, interpretadas como fracturas conjugadas asociadas a ajustes internos del bloque.

En conjunto, la ausencia de una influencia significativa del sistema transversal NE permitió clasificar a la Zona 6 como un dominio estructural simple, homogéneo y predecible, claramente controlado por el sistema regional NW, diferenciándose de las zonas más complejas como las Zonas 4, 5 y 11.

➤ **Zona 7** (Subzonas 7A, 7M y 7B):

- Contexto general del dominio: La Zona 7 correspondió al núcleo estructural de la Mina Santos, ubicada entre los sectores Helena y Oeste, y representó el bloque más significativo del comportamiento tectónico del yacimiento. En esta zona afloró la secuencia litológica completa, con UG 61 y UG 57 en profundidad, UG 67 en niveles intermedios y UG 77 en los niveles superiores, lo que coincidió con la mayor concentración de datos estructurales y caserones del modelo. El bloque estuvo limitado por la convergencia de las fallas mayores Helena, Meléndez, Isabel, Karen, Tirana y las fallas de Bajo Ángulo, motivo por el cual fue subdividido en las subzonas 7A, 7M y 7B. A pesar de esta complejidad en los límites, el comportamiento estructural interno mostró una alta coherencia geométrica.

- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 12: Resultado de la Zona 7 de color rojo. (Elaboración Propia)

| Zona / Subzona | UG                               | Rumbo FT/DK | Rumbo Joint Sets | N° de Estructuras       | Tipo de Dominio        | Observación                         | Dip |
|----------------|----------------------------------|-------------|------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|-----|
| 7A             | UG 77<br>UG 67<br>UG 61<br>UG 57 | NNW – N23W  | NW N32W          | F/D: 474<br>JN: 1.290   | Monodominante NNW - NW | Control NW-NNW marcado              | 85° |
| 7M             | UG 77<br>UG 67<br>UG 61<br>UG 57 | NW – N29W   | NW N26W          | F/D: 1.084<br>JN: 1.837 | Monodominante NW       | Familias homogéneas                 | 87° |
| 7B             | UG 77<br>UG 67<br>UG 61<br>UG 57 | NNW – N23W  | NNW N26W         | F/D: 1.276<br>JN: 1.142 | Monodominante al NW    | Coherencia con dominio principal NW | 85° |

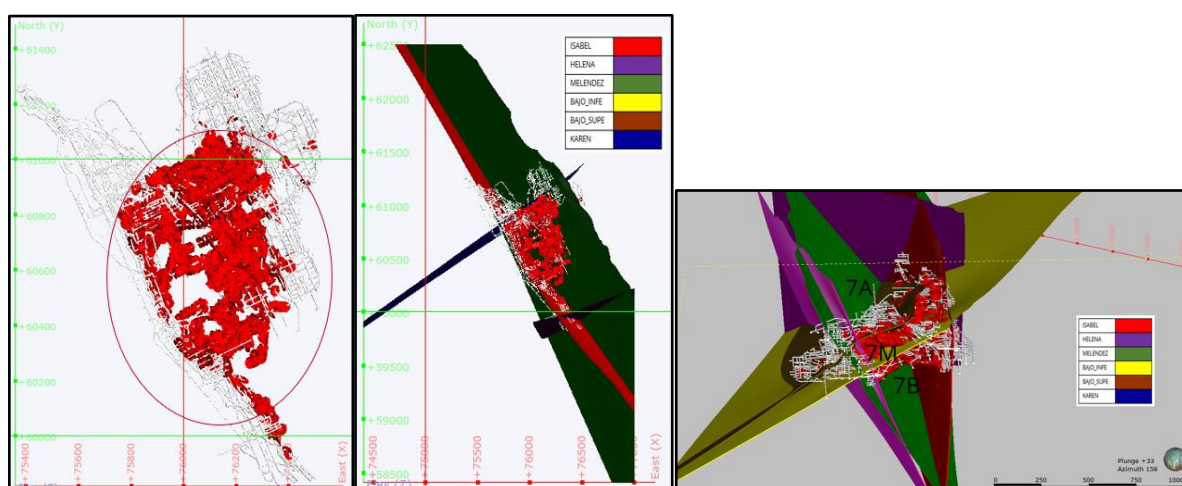


Figura 23: Ubicación de la zona 7, método 1. (Elaboración propia)

- La Zona 7 se interpretó como un dominio estructural monodominante NW–NNW, caracterizado por fallas y *joint sets* de buzamiento alto a subvertical y una coherencia interna excepcional, incluso en un contexto de alta densidad de fallas mayores en sus bordes. En las subzonas, tanto fallas como *joint* mostraron orientaciones prácticamente coincidentes, directamente controladas por el sistema NNW-NW. Las fallas transversales actuaron principalmente como límites estructurales externos, sin generar interferencias significativas. Este comportamiento convirtió a la Zona 7 en el bloque estructural más estable, consistente y predecible de la Mina Santos, constituyendo un referente clave para la proyección geomecánica y el diseño de caserones del yacimiento.

➤ **Zona 8 (8A, 8M y 8B):**

- Contexto general del dominio: La Zona 8 se localizó inmediatamente al sur de la Zona 4, dentro del sector Santos Nova, en un tramo donde el sistema estructural NW–NNW volvió a imponerse claramente sobre el sistema transversal NE. A pesar de su proximidad a sectores de interferencia estructural, este bloque presentó una tendencia general hacia la coherencia geométrica, particularmente en sus subzonas extremas. Desde el punto de vista tectónico, la Zona 8 representó un bloque de transición estabilizado, donde el control regional ejercido por las fallas Helena–Meléndez dominó el fracturamiento interno, mientras que las influencias transversales se manifestaron sólo de forma local y subordinada.
- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 13: Resultados de la Zona 8 de color morado (Elaboración Propia)

| Zona / Subzona | UG                      | Rumbo FT/DK   | Rumbo Joint Sets        | N° de Estructuras   | Tipo de Dominio                                                          | Observación                               | Dip |
|----------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----|
| <b>8A</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61 | NNW<br>N26W   | NW – NE<br>N32W<br>N58E | F/D: 317<br>JN: 137 | Monodominante NW                                                         | Control NW, bien definido                 | 85° |
| <b>8M</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61 | NNW –<br>N22W | N26W<br>N756E<br>N32W   | F/D: 201<br>JN: 109 | Dominio Bimodal<br>NW-NE en JN y<br>monodominante en<br>fallas y diques. | Sets<br>conjugados y<br>variabilidad      | 80° |
| <b>8B</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG61  | NNW<br>N22W   | NW<br>N34W              | F/D: 108<br>JN: 113 | Monodominante al<br>NNW                                                  | Coherencia<br>con dominio<br>principal NW | 85  |

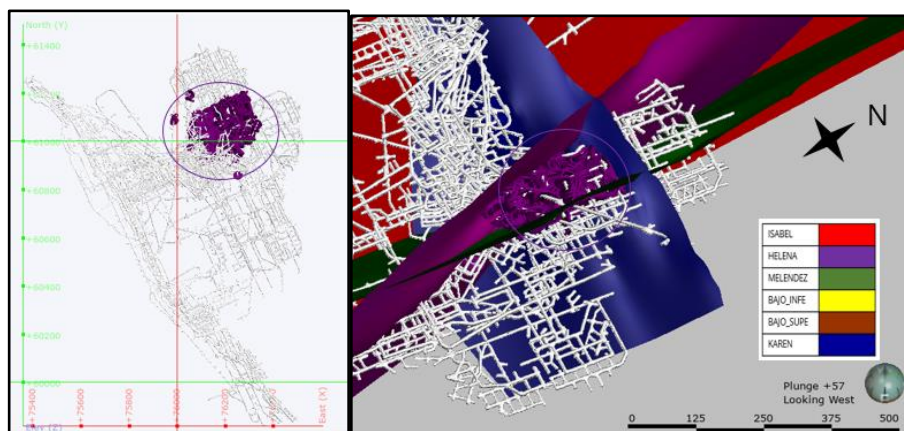


Figura 24: Ubicación de la zona 8, método 1. (Elaboración propia)

- En conjunto, la Zona 8 se interpretó como un dominio estructural predominantemente monodominante NW–NNW, controlado por el sistema Helena–Meléndez. Las subzonas 8A y 8B mostraron un comportamiento altamente coherente, con fallas y *joint sets* subverticales y rumbos prácticamente paralelos, configurando dominios NW puros y estructuralmente predecibles. La subzona 8M presentó una mayor complejidad interna, evidenciada por el desarrollo de un set conjugado N–S y ENE en los *joint sets*. No obstante, este comportamiento no alteró el control estructural principal, ya que las fallas mantuvieron una orientación NW consistente global de la Mina Santos.

➤ **Zona 9 (9A, 9M, 9B):**

- Contexto general del dominio: La Zona 9 se emplazó inmediatamente al norte de la Zona 8 y al este de la Zona 7, dentro del sector Helena, prolongando hacia el norte el corredor estructural NW–NNW que caracteriza el núcleo central de la Mina Santos. A pesar de ubicarse en un sector con presencia de estructuras mayores, el bloque mostró un comportamiento estructural altamente consistente, con una clara dominancia del sistema regional NW. Las tres subzonas que componen la Zona 9 evidenciaron una continuidad geométrica notable, posicionándose como uno de los sectores más coherentes y estables del yacimiento desde el punto de vista estructural.
- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 14: Resultados de la Zona 9 de color verde oscuro. (Elaboración Propia)

| Zona / Subzona | UG                      | Rumbo FT/DK | Rumbo Joint Sets | Nº de Estructuras   | Tipo de Dominio                         | Observación                         | Dip      |
|----------------|-------------------------|-------------|------------------|---------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| <b>9A</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61 | NW<br>N47W  | NW<br>N33W       | F/D: 248<br>JN: 552 | Monodominante NW                        | Control NW bien marcado y homogéneo | 85 - 80° |
| <b>9M</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61 | NW – N54W   | NW<br>N29W       | F/D: 152<br>JN: 169 | Monodominante NW-NNW, control regional. | Sets bien definidos al NW-NNW       | 80 - 87° |
| <b>9B</b>      | UG 77<br>UG 67<br>UG 61 | NNW – N24W  | NW<br>N37W       | F/D: 141<br>JN: 193 | Monodominante al NNW-NW                 | Coherencia con dominio principal NW | 80°      |

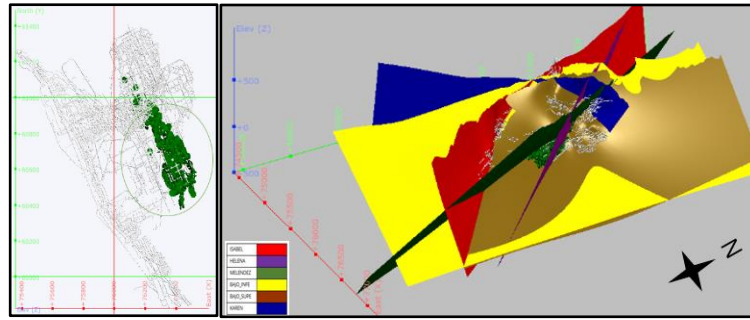


Figura 25: Ubicación de la zona 9, método 1 (Elaboración Propia).

- Interpretación del dominio estructural: La Zona 9 se interpretó como un dominio estructural monodominante NW–NNW, controlado directamente por el sistema de fallas Helena–Meléndez. En las subzonas 9A, 9M y 9B, tanto las fallas como los *joint sets* presentaron buzamientos altos a subverticales y rumbos coherentes dentro del rango NW–WNW, sin evidencias de interferencia significativa del sistema transversal NE. A escala regional, la Zona 9 confirmó la continuidad del corredor estructural NW que integra de manera coherente a las Zonas 7, 8 y 9, consolidando este sector como uno de los bloques más estables y predecibles de la Mina Santos desde el punto de vista estructural y geomecánico.
- **Zona 10 (10A, 10M, 10B):**
- Contexto general del dominio: La Zona 10 se ubicó en el extremo oriental de la Mina Santos y correspondió a uno de los bloques estructurales mejor definidos y más robustos del yacimiento. Este carácter estuvo respaldado tanto por la alta densidad de datos estructurales disponibles como por la marcada coherencia observada entre fallas y *joint sets* en todas sus subzonas. A pesar de encontrarse bajo la influencia de varias fallas mayores del distrito, incluyendo Meléndez, Helena, Karen y las fallas de Bajo Ángulo, el comportamiento interno del bloque mostró una respuesta estructural simple y altamente organizada, dominada de manera consistente por el sistema NW–NNW regional.

- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 15: Resultados Zona 10 (Elaboración Propia)

| Zona / Subzona | UG                      | Rumbo FT/DK | Rumbo Joint Sets | Nº de Estructuras       | Tipo de Dominio                         | Observación                   | Dip |
|----------------|-------------------------|-------------|------------------|-------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|-----|
| <b>10A</b>     | UG 77<br>UG 61<br>UG 50 | NNW<br>N27W | NW<br>N34W       | F/D: 1.164<br>JN: 1.172 | Monodominante NW.                       | Control NW homogéneo          | 80° |
| <b>10M</b>     | UG 77<br>UG 61<br>UG 50 | NW – N30W   | NW<br>N37W       | F/D: 521<br>JN: 300     | Monodominante NW-NNW, control regional. | Sets bien definidos al NW-NNW | 75° |
| <b>10B</b>     | UG 77<br>UG 61<br>UG 50 | NNW – N22W  | NW<br>N34W       | F/D: 182<br>JN: 261     | Monodominante al NNW-NW                 | Mismo dominio que la zona 9B  | 80° |

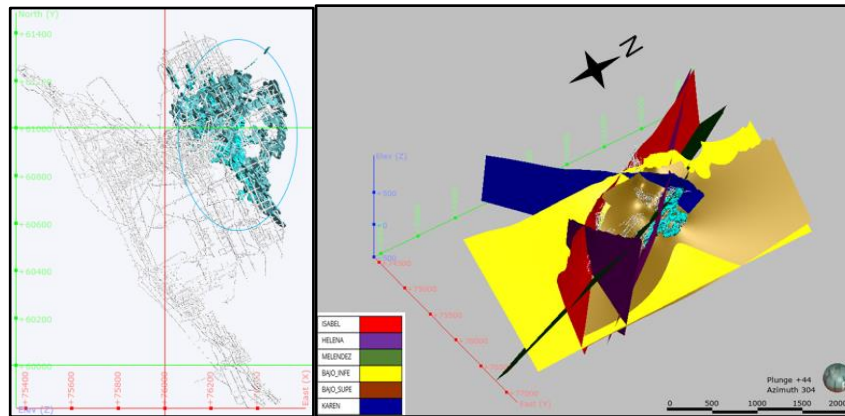


Figura 26: Ubicación de la zona 10, método 1 (Elaboración Propia).

- Interpretación del dominio estructural: En conjunto, la Zona 10 se interpretó como un dominio estructural monodominante NW–NNW, caracterizado por fallas y *joint sets* de buzamiento alto a subvertical y una notable coherencia geométrica entre ambos tipos de discontinuidades. Las variaciones menores de rumbo y manteo observadas entre las subzonas 10A, 10M y 10B fueron atribuidas a ajustes geométricos internos del bloque, sin alterar la identidad estructural del dominio. Aunque la zona se encontró en el entorno de múltiples estructuras mayores, la respuesta estructural indicó que el sistema NW–NNW actuó como el controlador absoluto del fracturamiento, imponiéndose sobre cualquier influencia del sistema transversal NE. De este modo, la Zona 10 confirmó la continuidad y persistencia del dominio NW regional, extendiendo hacia el extremo oriental del yacimiento el corredor estructural principal reconocido desde la Zona 7.

➤ **Zona 11** (11A y 11B)

- Contexto general del dominio: La Zona 11 correspondió al extremo sur del modelo estructural y se ubicó en el sector occidental de la Mina Santos. Este bloque estuvo delimitado principalmente por las fallas Isabel, Tirana y las fallas de Bajo Ángulo, configurando un sector transicional entre dominios dominados por el sistema NW–NNW y áreas donde comenzó a manifestarse la influencia del sistema transversal NE–ENE. Desde el punto de vista estructural, la Zona 11 representó un límite tectónico interno del yacimiento, donde se observaron cambios progresivos en el control del fracturamiento, especialmente evidentes al comparar el comportamiento entre las subzonas 11A y 11B.
- Datos utilizados y resultados estructurales principales:

Tabla 16: Resultados de la Zona 11 de color negro. (Elaboración Propia)

| Zona / Subzona | UG                      | Rumbo FT/DK | Rumbo Joint Sets | Nº de Estructuras   | Tipo de Dominio        | Observación                                            | Dip |
|----------------|-------------------------|-------------|------------------|---------------------|------------------------|--------------------------------------------------------|-----|
| 11A            | UG 77<br>UG 61<br>UG 50 | NW<br>N44W  | NW – N16W<br>N-S | F/D: 353<br>JN: 298 | Monodominante NW       | Control NW, con pequeña variabilidad y rotación al N-S | 80° |
| 11M            | UG 77<br>UG 61<br>UG 50 | NW – N49W   | ENE<br>N76E      | F/D: 269<br>JN: 27  | Dominio Bimodal NW-NE. | Sets de Joint Sets contrarios al mov de las fallas.    | 75° |

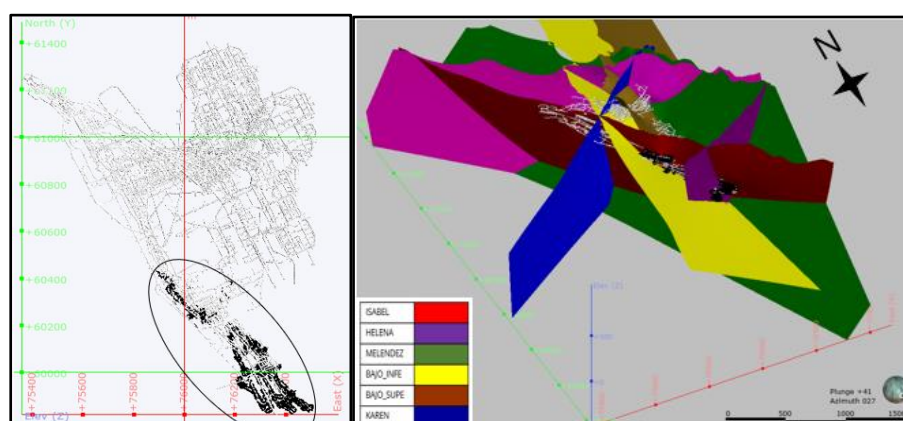


Figura 27: Ubicación de la zona 11, método 1 (Elaboración Propia).

- Interpretación del dominio estructural: La Zona 11 se interpretó como un dominio estructural de transición ubicado en el límite sur de la Mina Santos. La subzona 11A conservó un comportamiento monodominante NW–NNW, con fallas y *joint sets* subverticales coherentes con el sistema estructural Helena–Meléndez, similar al observado en los bloques centrales del yacimiento. En contraste, la subzona 11B evidenció una interferencia estructural significativa, donde las fallas mantuvieron la

orientación NW regional, pero los *joint sets* se reorientaron hacia direcciones ENE subverticales, reflejando la influencia progresiva del sistema transversal asociado a Tirana y a las fallas de Bajo Ángulo. Este desacople entre fallas y *joint* definió un dominio mixto, característico de zonas de transición tectónica. Este comportamiento tuvo implicancias directas en la geometría del macizo rocoso y en la evaluación de estabilidad hacia el sector sur del yacimiento.

### 5.1.1 Variabilidad del dominio estructural asociado a las familias de *joint sets*

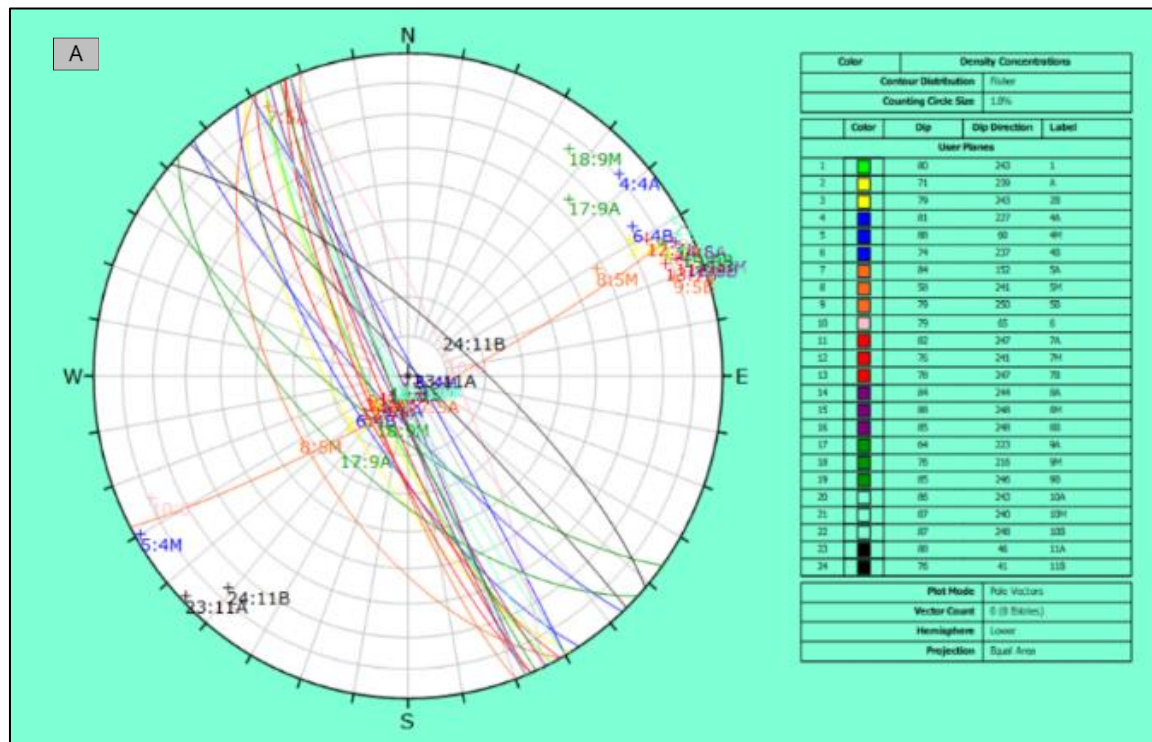
El análisis detallado de los *joint sets* por zona evidenció que, a diferencia de las fallas donde el dominio NW–NNW es prácticamente continuo en toda la mina, los *joint* presentan una respuesta estructural más heterogénea y sensible a condiciones locales, particularmente a la interferencia entre el sistema regional NW y el sistema transversal NE (Figura 28).

A escala de mina, los *joint sets* permitieron diferenciar tres comportamientos estructurales bien definidos, con una clara distribución espacial:

1. Dominios monodominantes NW–NNW (fracturamiento simple y coherente): Este comportamiento se observó principalmente en las subzonas B y sectores centrales del yacimiento, donde los *joint sets* presentan una única familia dominante o familias muy cercanas entre sí dentro del rango NW–NNW, con buzamientos altos a subverticales. Ejemplos representativos incluyen las subzonas 2B, 4B, 5B, 7B, 8B, 9B y 10B, donde los *joint* replican fielmente la orientación de las fallas mayores Helena–Meléndez–Isabel. Estos sectores corresponden a bloques estructuralmente estables, con baja dispersión direccional y un régimen de esfuerzos poco distorsionado, siendo los más predecibles desde el punto de vista geomecánico.
2. Dominios NW con dispersión interna (subzonas A y B con ajuste local): Un segundo grupo mantiene el dominio NW–NNW como tendencia principal, pero incorpora dispersión angular secundaria, generalmente expresada como rotaciones leves o desarrollo de familias subparalelas. Este patrón es característico de subzonas como 2A, 5M, 7A, 7M, 8A, 9A, 9M, 10A, 10M y 11A. Aunque el sistema NW sigue controlando el fracturamiento, los *joint sets* reflejan ajustes internos del bloque, probablemente asociados a variaciones locales del campo de esfuerzos o a la proximidad de estructuras secundarias. Desde el punto de vista geomecánico, estos sectores siguen siendo coherentes, pero presentan mayor anisotropía interna que los dominios NW puros.
3. Dominios bimodales NW–NE (interferencia estructural activa): El tercer comportamiento corresponde a zonas de interferencia, donde los *joint sets* desarrollan

dos familias claramente definidas: una NW subvertical y una NE igualmente empinada. Este patrón se identificó de forma consistente en las subzonas 4A, 4M, 5A, 8M y 11B, coincidiendo espacialmente con sectores donde interactúan las fallas mayores NW con las estructuras transversales Karen, Tirana y Bajo Ángulo.

Estas zonas representan los sectores estructuralmente más complejos de la mina, con mayor densidad de discontinuidades, mayor variabilidad direccional y condiciones favorables para el desarrollo de cuñas estructurales y mecanismos de falla compuestos.





En conjunto, el método por cuadrantes resultó clave para reconocer zonas de mayor complejidad estructural, mejorar la comprensión del comportamiento geomecánico local y aportar información directa para la optimización del diseño geomecánico, el sostenimiento y la planificación minera, fortaleciendo además la interpretación espacial dentro del modelo subterráneo.

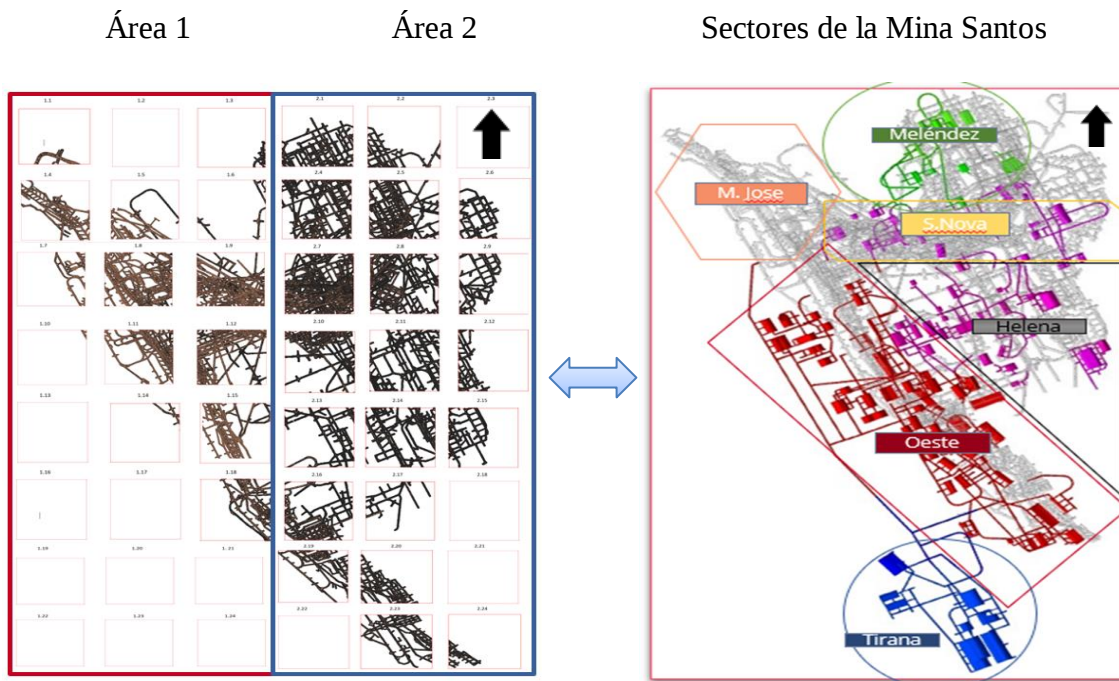


Figura 29: Cuadrantes de 200 x 200 m y ubicación zonal de los cuadrantes en la Mina Santos.

### 5.2.1 Área 1

El Área 1 corresponde principalmente al sector Oeste de la Mina Santos de las cuales se presentan los siguientes sectores: María José, Meléndez, Super Nova y Oeste, y se caracteriza por un comportamiento estructural altamente coherente, dominado por el sistema NNW–NW asociado a las fallas mayores Helena–Meléndez–Isabel.

El análisis por cuadrantes permitió identificar sectores homogéneos y zonas puntuales de interferencia estructural.

## Resultados del área 1 mediante el método 2

Tabla 17: Cuadro Comparativo Método 2 → El área 1 presenta un dominio estructural homogéneo al NNW-NW monodominante en fallas/diques, mientras que los Joint Sets siguen esta tendencia, aunque localmente presentan una más que otra variabilidad al ENE (Elaboración Propia)

| Cuadrante | Sector                | Tipo de Dominio   | FT/DK<br>Rumbo /<br>Manteo | JN<br>Rumbo /<br>Manteo | Observaciones                              |
|-----------|-----------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|
| 1.1       | María José            | Monodominante NNW | N21W/71°                   | N25W/75°                | Dirección estructural homogénea al NNW     |
| 1.2       | María José            | Bimodal NW/N-S    | N30W/76°                   | N7W/81°                 | Dominio principal NW, secundario N-S       |
| 1.3       | Meléndez              | Bimodal NW-WNW    | N33W/74°                   | N86W/87°                | Interferencia local entre estructuras      |
| 1.4       | María José            | Bimodal NW-NNW    | N37W/81°                   | N19W/71°                | Dominio NW principal con pequeña rotación. |
| 1.5       | María José            | Monodominante NNW | N22W°/73°                  | N19W/78°                | Alta coherencia estructural                |
| 1.6       | Meléndez              | Monodominante NNW | N27W/63°                   | N20W/74°                | Dominio regional secundario                |
| 1.7       | María José            | Monodominante WNW | N55W/83°                   | N60W/80°                | Rotación estructural (interferencia)       |
| 1.8       | María José/Super Nova | Bimodal NW-NNW    | N28W/80°                   | N23W/78°                | Dominio Principal NW                       |
| 1.9       | Super Nova            | Monodominante NNW | N23W/75°                   | N20W/77°                | Bloque homogéneo                           |
| 1.11      | Oeste                 | Bimodal NW-NE     | N30W/78°                   | N62E/72°                | Intersección de los principales dominios   |
| 1.12      | Oeste                 | Monodominante NNW | N20W/73°                   | N22W/77°                | Coherencia local en la dirección.          |
| 1.15      | Oeste                 | Bimodal NNW/N-S   | N20W/81°                   | N6W/78°                 | Joint Sets secundarios.                    |

|             |       |                      |          |          |                      |
|-------------|-------|----------------------|----------|----------|----------------------|
| <b>1.18</b> | Oeste | Monodominante<br>NNW | N24W/68° | N15W/89° | Dominio<br>coherente |
|-------------|-------|----------------------|----------|----------|----------------------|

- Síntesis general de los resultados del área 1

El análisis de los cuadrantes del Área 1 revela un dominio estructural ampliamente dominado por el sistema NW, asociado directamente a las fallas mayores Helena, Meléndez e Isabel. Diez de los doce cuadrantes presentan un comportamiento monodominante NW, con fallas y *joint* subverticales coherentes. Solo dos cuadrantes (1.3 y 1.11) muestran interferencias significativas con sistemas secundarios (WNW–ESE y NE), indicando zonas de mayor complejidad estructural. En conjunto, el Área 1 constituye un bloque estructural estable, con fracturamiento homogéneo y predecible, donde el sistema NW controla la geometría interna del macizo rocoso.

### 5.2.2 Área 2

El Área 2 se ubica en el lado Este de la Mina Santos y abarca principalmente los sectores Meléndez, Super Nova, Helena y Oeste, y corresponde a un volumen rocoso de mayor extensión que el Área 1. Desde el punto de vista estructural, está dominada por el sistema regional NNW–NW, asociado a las fallas mayores Helena–Meléndez, aunque incorpora zonas puntuales de interferencia donde se expresan familias NE–ENE y N–S, vinculadas a las fallas Karen–Tirana y a ajustes internos del macizo.

Resultados del área 2 a través del método 2

Tabla 18: Cuadro comparativo Método 2 → El área 2 presenta un claro dominio estructural al NW–NNW en fallas/diques confirmando la metodología 1, pero el método 2 tiene la ventaja de obtener dominios variables en sectores locales de la mina, por lo cual se puede apreciar que los dominios de Joint Sets a pesar de tener un dominio principal al NW–NNW, también, presenta dominios que varían de NE a ENE. (Elaboración Propia)

| <b>Cuadrante</b> | <b>Sector</b>          | <b>Tipo de Dominio</b> | <b>FT/DK<br/>Rumbo<br/>/Manteo</b> | <b>JN<br/>Rumbo /<br/>Manteo</b> | <b>Observaciones</b>   |
|------------------|------------------------|------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| <b>2.1</b>       | Meléndez               | Bimodal NW- NE         | N31W/63°                           | N45E/82°                         | Interferencia<br>NW-NE |
| <b>2.2</b>       | Meléndez               | Bimodal NW-NE          | N32W/84°                           | N15E/80°                         | Zona<br>Transicional   |
| <b>2.4</b>       | Meléndez/Super<br>Nova | Monodominante<br>NW    | N28W/80°                           | N34W/82°                         | Alta Coherencia        |

|      |                     |                   |          |          |                                                               |
|------|---------------------|-------------------|----------|----------|---------------------------------------------------------------|
| 2.5  | Meléndez/Super Nova | Monodominante NW  | N36W/72° | N40W/78° | Dominio NW homogéneo.                                         |
| 2.6  | Meléndez/Super Nova | Monodominante NNW | N38W/51° | N43W/78° | Alta coherencia en la dirección, pero con manteos diferentes. |
| 2.7  | Meléndez/Super Nova | Bimodal NW-NNW    | N28W/76° | N23W/77° | Dominio Regional                                              |
| 2.8  | Super Nova          | Monodominante NW  | N54W/81° | N33W/82° | Rotación estructural                                          |
| 2.9  | Super Nova          | Bimodal NW-NNW    | N43W/72° | N20W/81° | Dominio principal NW, secundario NNW                          |
| 2.10 | Helena              | Monodominante NNW | N19W/66° | N24W/79° | Bloque homogéneo rotado al NNW                                |
| 2.11 | Helena              | Monodominante NW  | N31W/68° | N39W/77° | Fracturamiento paralelo.                                      |
| 2.12 | Helena/Oeste        | Monodominante NW  | N31W/81° | N29W/80° | Coherencia local en la dirección y manto.                     |
| 2.13 | Helena/Oeste        | Bimodal NNW/N-S   | N3W/60°  | N20W/78° | <i>Joint Sets</i> secundarios y fallas variables.             |
| 2.14 | Helena              | Monodominante NW  | N45W/68° | N37W/83° | Dominio coherente                                             |
| 2.15 | Helena              | Monodominante NW  | N29W/79° | N42W/79° | Leve rotación hacia el W                                      |
| 2.16 | Oeste               | Bimodal NW-NNW    | N41W/81° | N11W/74° | <i>Joint Sets</i> secundarios hacia el NNW                    |
| 2.17 | Helena              | Monodominante NNW | N25W/68° | N27W/87° | Dominio homogéneo al NNW                                      |
| 2.19 | Oeste               | Monodominante NW  | N45W/84° | N50W/67° | Dominio regional                                              |
| 2.20 | Oeste               | Bimodal NW/ N-S   | N45W/77° | N2W/71°  | Fracturamiento secundario en dirección N-S                    |
| 2.23 | Oeste               | Bimodal NW/ N-S   | N37W/78° | N4W/76°  | Fracturamiento secundario en dirección N-S                    |
| 2.24 | Oeste               | Bimodal NW-NE     | N50W/75° | N84E/81° | Intersección de los dos dominios principales.                 |

- Síntesis general del análisis del área 2

El Área 2 se caracteriza principalmente por un dominio estructural NW monodominante, donde la mayoría de los cuadrantes presentan fallas y *joint* subparalelos y subverticales, en clara correspondencia con el sistema regional controlado por las fallas Helena y Meléndez. Este patrón confirma la continuidad del corredor estructural NW en el sector central–oriental de la Mina Santos. No obstante, algunos cuadrantes muestran dominios mixtos debido a la aparición

de familias NE o N–S en los *joint*, evidenciando la influencia local de las fallas transversales Karen–Tirana y procesos de ajuste interno del macizo. Estas zonas representan puntos de mayor complejidad estructural dentro del área. En conjunto, el Área 2 combina sectores altamente coherentes con otros de interferencia estructural, permitiendo identificar transiciones entre el dominio NW principal y sistemas secundarios que aportan variabilidad al fracturamiento interno del bloque.

### **5.3 Definición del dominio estructural según la litología presente mediante el Método 3**

El tercer método aplicado en este estudio consiste en la definición de dominios estructurales en función del tipo de litología presente en la Mina Santos, con el objetivo de evaluar si el comportamiento del fracturamiento se mantiene homogéneo a lo largo del yacimiento o si varía en función de la unidad rocosa y su relación con las fallas mayores. Este enfoque complementa a los métodos anteriores —basados en la segmentación por fallas mayores y por cuadrantes de  $200 \times 200$  m— incorporando explícitamente el control litológico sobre la distribución y orientación de las discontinuidades.

Para ello, se reclasificaron todos los datos estructurales (fallas, diques y *joint sets*) según la unidad geológica en la que fueron mapeados, considerando las principales litologías del yacimiento: secuencia volcano-sedimentaria de Andesitas Superiores (UG 40), Toba Indiferenciada (UG50), Albitófiro (UG 77), Skarn de magnetita (UG 57), Metandesita de biotita (UG 61) y Brecha de magnetita (UG 67). Sobre esta base, se analizaron estereogramas, diagramas de roseta y parámetros estadísticos de orientación para cada litología y zona estructural, manteniendo la misma partición en zonas 1 a 11 utilizada en el Método 1.

Este método es particularmente relevante porque permite contrastar si unidades como la UG 61, ampliamente distribuida en la mina, mantienen un patrón de fracturamiento similar en todas las zonas o si su respuesta estructural cambia en sectores donde se intersectan fallas mayores (Helena, Meléndez, Isabel, Karen, Tirana y Bajo Ángulo). De este modo, el análisis por litología aporta una visión integrada entre estructura y litología, clave para interpretar el comportamiento del macizo rocoso y su influencia en la estabilidad de los caserones presentes y futuros del quinquenio 2025–2030.

## UG 77 – Albitófiro

La UG 77 estuvo presente en varias zonas (2, 4, 5, 7, 8, 9 y 10) y, además de registrar el dominio NW regional, tendió a expresar familias conjugadas (N–S, E–W, NE–ENE) cuando la zona estuvo bajo influencia transversal (Karen–Tirana–Bajo Ángulo).

Resultados UG 77 por zona

Tabla 19: Resultados del dominio estructural de la UG 77. (Elaboración Propia)

| <b>Zona</b> | <b>FT/DK<br/>Rumbo /Manteo</b>                       | <b>JN<br/>Rumbo / Manteo</b>                           | <b>Dominio UG 77 en la<br/>Zona</b>                    | <b>Rasgo Clave</b>                                       |
|-------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>2</b>    | N28W/69° y N-S/72°, manteos de alto ángulo           | Presenta sets principales al NNW, con variación de E-W | Dominio multimodal y rotado, tanto en FT/DK como en JN | Dominio principal NW y sets transversales secundarios    |
| <b>4</b>    | Rumbos mixtos N38W y N46E, manteos de alto ángulo    | N44E dominante y N37W secundario, dominio mixto        | Dominio Bimodal                                        | Interferencia fuerte NW vs NE                            |
| <b>5</b>    | Bimodal N23W y N61E, manteos subverticales           | Dominio Bimodal N42W y N44E                            | Bimodal al NW-NE                                       | Alta anisotropía (potencial cuñas)                       |
| <b>7</b>    | N31W dominio regional                                | Sets con mayor variabilidad multimodal                 | Dominio Multimodal, sobre todo en JN                   | Litología critica geomecánicamente                       |
| <b>8</b>    | N24W dominio NW                                      | NW y variabilidad al N-S y E-W                         | Dominio principal NW                                   | Sets conjugados y variables en las fracturas secundarias |
| <b>9</b>    | Rumbos principales N17W, con pequeña rotación al WNW | N30W principal ENE secundario                          | Dominio NW conjugado al ENE                            | Influencia transversal leve                              |
| <b>10</b>   | N28W de alto ángulo                                  | Fracturamiento homogéneo al NW                         | Dominio regional al NW                                 | Pequeño pick transversal al dominio principal            |

El Albitófiro presenta una marcada consistencia estructural en toda la mina, con un dominio principal NW subvertical en todas las zonas donde aparece. No obstante, se diferencia de otras litologías por su capacidad para registrar de forma recurrente familias conjugadas N–S y E–W, especialmente notorias en las zonas 2, 7 y 8. Además, desarrolla dominios mixtos NW–NE muy bien definidos en las zonas 4, 5 y 10, lo que evidencia su ubicación en sectores de interferencia estructural.

En conjunto, la UG 77 es una litología altamente descriptiva desde el punto de vista estructural, ya que concentra una red compleja de discontinuidades subverticales que integran simultáneamente el control longitudinal NW y las influencias transversales NE y conjugadas.

Este comportamiento la posiciona como una unidad clave tanto para la definición de dominios estructurales litológicos como para la evaluación de la estabilidad del macizo rocoso, especialmente en sectores donde confluyen múltiples sistemas de fracturamiento.

### UG 50 – Toba Indiferenciada

La UG 50 apareció en zonas 2, 5, 7, 9 y 10 y tendió a responder con un comportamiento mayormente NW–WNW, pero con cambios locales cuando aumentó la influencia del sistema transversal NE.

Tabla 20: Resultados del dominio estructural de la UG 50. (Elaboración Propia)

| Zona | FT/DK<br>Rumbo /Manteo | JN<br>Rumbo / Manteo | Dominio UG 77 en la<br>Zona                                     | Rasgo Clave                                                   |
|------|------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 2    | N25W/75°               | N17W/79°<br>N50E/42° | Dominio principal al<br>NNW, secundario NE,<br>dominio bimodal. | Presenta la<br>intersección de los<br>dominios principales    |
| 5    | N30W/80°               | N28W/83°<br>N46W/70° | Dominio<br>Monodominante                                        | Roca que demuestra<br>un comportamiento<br>dúctil             |
| 7    | N22W/74°               | N27W/78°<br>N13E/30° | Bimodal al NW-NE                                                | Pequeña variabilidad<br>en JN y de manteos<br>de bajo ángulo. |
| 9    | N56W/83°               | N39W/87°<br>N61E/87° | Dominio<br>Monodominante al<br>NW                               | No hay complejidad<br>estructural, dominio<br>NW              |
| 10   | N54W/86°<br>N26W/88°   | N29W/86°             | Dominio principal<br>NW, leve rotación al<br>NNW.               | Dominio claramente<br>regional.                               |

En síntesis, la UG 50 se caracteriza por un comportamiento predominantemente alineado con el sistema NW regional, con variaciones locales que reflejan la proximidad y la intensidad de influencia de las fallas transversales. A pesar de su elevada resistencia, la toba registra con claridad los efectos combinados de los sistemas estructurales mayores de la Mina Santos debido a su comportamiento dúctil, lo que lo convierte en una litología clave para comprender la distribución de los dominios estructurales a escala del yacimiento.

### UG 57 – Skarn de Magnetita

La unidad UG 57, correspondiente al skarn de magnetita, se concentra principalmente en la Zona 7, sector que constituye el núcleo estructural de la Mina Santos y donde convergen múltiples litologías (UG 50, UG 61, UG 67 y UG 77). A pesar del alto grado de complejidad

tectónica que caracteriza a este sector, UG 57 exhibe un comportamiento estructural notablemente coherente y marcadamente alineado con el dominio regional NW.

Tabla 21: Resultados de la UG 57 en la Zona 7. (Elaboración Propia)

| Zona | FT/DK<br>Rumbo /Manteo | JN<br>Rumbo / Manteo | Dominio UG 77 en la<br>Zona                                        | Rasgo Clave                         |
|------|------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 7    | N46W/83°<br>N25W/76°   | N23W/85°<br>N1W/75°  | Dominio principal al<br>NW, secundario<br>NNW, dominio<br>bimodal. | Alta coherencia entre<br>FT/DK y JN |

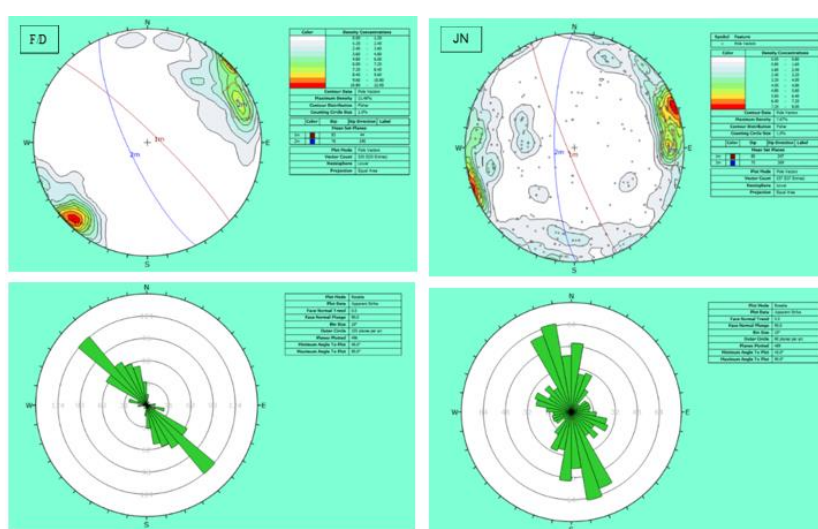


Figura 30: Análisis de estereograma, en fallas/diques y en joint sets, dirección dominante en color rojo (Elaboración Propia).

La UG 57 define un dominio estructural NW–WNW subvertical, caracterizado por una estrecha relación geométrica entre fallas y *joint*. Este comportamiento es consistente con lo observado en otras litologías presentes en la Zona 7 (UG 50 y UG 61), lo que confirma que el núcleo de la Mina Santos constituye un bloque estructural altamente coherente, donde distintas unidades litológicas responden de manera integrada a un mismo campo de esfuerzos dominado por el sistema de fallas NW regional.

### UG 61 – Metandesita Inferior

La unidad UG 61 (Metandesita) presenta un comportamiento estructural altamente consistente a lo largo de la Mina Santos, mostrando en general una fuerte afinidad con el sistema regional NW–NNW controlado por las fallas mayores Helena, Meléndez e Isabel. No obstante, en

ciertos sectores aparecen familias secundarias NE o N–S que reflejan la influencia del sistema transversal Karen–Tirana y de la red conjugada. A continuación, se describe su comportamiento por zona.

Tabla 22: Resultados del dominio estructural de la UG 61. (Elaboración Propia)

| Zona | FT/DK<br>Rumbo /Manteo | JN<br>Rumbo / Manteo                       | Dominio UG 77 en la<br>Zona           | Rasgo Clave                                                                  |
|------|------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | N27W/80°               | N22W dominio principal NNW, secundario N-S | Dominio principal NNW                 | Dominio homogéneo                                                            |
| 2    | N30W/85°<br>N13W/74°   | N5W/87°<br>N30W/86°                        | NW - NNW                              | Dominio monodominante, con pequeña variación rotada al N-S en <i>joint</i> . |
| 4    | N23W y N61E            | Dominio Bimodal N16W y N461E/88°           | Bimodal al NNW-ENE                    | Primera señal transversal clara, dominio Bimodal                             |
| 5    | N26W/66°<br>N50E/88°   | N80E/86°<br>N29W/80°                       | Dominio Mixto NW-NE                   | Litología critica geomecánicamente                                           |
| 6    | N23W/81°<br>N40W/86°   | N17W/88°<br>N46W72°                        | Dominio principal NW                  | Mantiene el régimen principal                                                |
| 7    | N14W/76°               | N22W/88°<br>N39W/87°                       | Dominio NNW principal                 | Rotación del sistema NW                                                      |
| 9    | N32W/84°<br>N69E/28°   | N36W/88° principal, secundario N-S         | Dominio con variabilidad secundarias. | Influencia incipiente de las fallas mayores Tirana y Bajo ángulo inferior    |
| 10   | N28W/87°               | N26W/87°<br>N3W/84°                        | NW coherente al dominio regional      | Paralelismo en los sets de fracturamiento al N-S                             |
| 11   | N44W/78°               | N17W/89°<br>N-S                            | Dominio NW principal                  | Mantiene la misma evidencia que la zona 1,9,10 y 11.                         |

La UG 61 mantuvo un dominio principal NW-NNW como señal dominante en casi todas las zonas, el quiebre más importante fue en la zona 5, la cual, tuvo un dominio mixto NW-NE, ya que, la intersección de los principales dominios estructurales aparece en la zona 4 – 5 y 8.

### UG 67 – Brecha de Magnetita

La brecha de magnetita presenta una amplia distribución dentro de la Mina Santos, concentrándose en las zonas 4, 5, 7, 8, 9 y 10. Su naturaleza frágil y su emplazamiento próximo a fallas mayores en la zona 4, 5, 7 y 8, la convierten en una litología altamente sensible al

campo de esfuerzos, permitiendo identificar con gran claridad la interacción entre los sistemas estructurales NW (Helena–Meléndez–Isabel), NE (Karen–Tirana–Bajo Ángulo) y las familias conjugadas N–S y WNW–E–W.

Tabla 23: Resultados UG 67. (Elaboración Propia)

| <b>Zona</b> | <b>FT/DK<br/>Rumbo /Manteo</b>   | <b>JN<br/>Rumbo / Manteo</b>     | <b>Dominio UG 77 en la<br/>Zona</b>                                                   | <b>Rasgo Clave</b>                                                         |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>4</b>    | N15W/65°<br>N35W/85°<br>N17W/82° | N31W/81°<br>N52E/89°<br>N17W/61° | Dominio homogéneo monodominante NW-NNW en fallas y pequeño pick al NE en <i>joint</i> | Tanto las FT/DK y JN siguen el patrón regional NW, con variabilidad local. |
| <b>5</b>    | N62E/88°<br>N20W/78°             | N29W/82°<br>N41E/88°             | Dominio mixto bimodal NW-NE                                                           | Zona que representa la intersección de ambos dominios principales          |
| <b>7</b>    | N21W/86°<br>N38W/86°<br>N5W/83°  | N8W/83°<br>N37W/87°              | Dominio principal NW-NNW, secundarios N-S                                             | Familias conjugadas al N-S en FT/DK y JN                                   |
| <b>8</b>    | N19W/86°                         | N33W/85°<br>N50W/86°             | Dominio principal NW-NNW                                                              | Zona que mejor representa el dominio principal                             |
| <b>9</b>    | N56W/78°<br>N20W/85°             | N32W/82°                         | Dominio monodominante al NW                                                           | Zona consistente con el dominio principal                                  |
| <b>10</b>   | N43W/78°                         | N35W/88°<br>N51E/88°             | Dominio NW homogéneo                                                                  | En los <i>joint</i> se muestra una variabilidad importante.                |

La brecha de magnetita se caracterizó por un sistema estructural regional NW dominante, rasgo que se observó con mayor claridad en las Zonas 8 y 9, donde el fracturamiento mostró un patrón más coherente, sin embargo, esta litología también evidenció una alta sensibilidad a la interferencia tectónica, registrando dominios bimodales NW–NE en las Zonas 4, 5 y 10, por lo que actuó como un buen indicador de intersección entre el sistema longitudinal NW y el sistema transversal NE. Su comportamiento alcanzó su máxima complejidad en la Zona 7, donde se manifestaron simultáneamente familias NW, NE, N–S y E–W, por lo que, en consecuencia, la UG 67 presentó alta relevancia geomecánica, debido a su naturaleza frágil.

## CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN

### 6.1. Definición general de los dominios estructurales del área de estudio

La definición de los dominios estructurales de la Mina Santos permitió establecer una interpretación integrada y multiescala del comportamiento frágil del macizo rocoso, identificando con claridad los sistemas estructurales que controlan su arquitectura interna y su respuesta geomecánica. A partir del análisis conjunto de fallas (mayores, intermedias y menores), diques y sistemas de *joint sets*, se reconoció que la deformación frágil del yacimiento está dominada por dos sistemas principales: (i) un sistema longitudinal de orientación NW–NNW, continuo y de carácter regional, y (ii) un sistema transversal NE–NNE, de expresión localizada pero estructuralmente significativa.

Este patrón es consistente con modelos clásicos de tectónica frágil en contextos mineros, donde un sistema estructural dominante controla la geometría regional del macizo, mientras que sistemas secundarios generan interferencias locales que incrementan la anisotropía estructural y la complejidad geomecánica (Davis & Reynolds, 1996; Twiss & Moores, 2007). En este sentido, la Mina Santos responde a un esquema estructural jerárquico, en el cual las fallas mayores NW–NNW definen el marco tectónico principal, mientras que las fallas transversales NE–NNE modulan localmente el patrón de fracturamiento.

La integración de los tres métodos aplicados, método 1, en el cual la segmentación se efectuó por zonas estructurales, método 2, donde el análisis se realizó por cuadrantes de  $200 \times 200$  m y el método 3 el cual se basa en los dominios litológicos, permitiendo demostrar, que los dominios identificados son coherentes, reproducibles y consistentes a distintas escalas de análisis. Esta convergencia metodológica refuerza la validez del modelo estructural propuesto y su aplicabilidad directa en la evaluación geomecánica y en la planificación minera del quinquenio 2025–2030.

#### 6.1.1. Discusión del Método 1: dominios estructurales definidos por zonas

El análisis por zonas delimitadas por fallas mayores permitió reconocer 11 zonas de las cuales se reconocen dos dominios estructurales fundamentales tanto en fallas (Mayores - Intermedias - Menores), diques y *joint sets*, cuya distribución expresa el marco tectónico que controla la Mina Santos.

### **A) Dominio estructural principal NW–NNW del sistema Helena–Meléndez–Isabel**

El dominio NW–NNW corresponde al sistema estructural más persistente, continuo y homogéneo del yacimiento. Se expresa de manera dominante en la mayoría de las zonas definidas (Zonas 1, 2, 5M, 5B, 6, 7, 8, 9, 10 y 11A), donde tanto las fallas como los *joint sets* presentan orientaciones coherentes dentro del rango N22W–N35W, con buzamientos altos a subverticales.

Desde una perspectiva tectónica, este dominio representa la expresión frágil de un campo de esfuerzos regional que ha condicionado la evolución estructural de la Mina Santos. La elevada coherencia direccional observada en zonas como 2B, 4B, 6, 7A, 7B, 8B, 10M, 10B y 11A sugiere un régimen tensional relativamente estable, donde la deformación se concentra en familias de discontinuidades bien definidas y geométricamente simples.

Este comportamiento concuerda con lo descrito por Hoek y Bray (1981) y Palmström y Stille (2015), quienes señalan que dominios estructurales monodominantes, caracterizados por un set principal subvertical, tienden a presentar condiciones más predecibles desde el punto de vista geomecánico, facilitando la identificación de mecanismos de falla, la modelación cinemática de cuñas y el diseño de sistemas de sostenimiento.

La continuidad espacial del dominio NW–NNW, reconocida desde el sector central hacia el norte y el sureste del yacimiento, define un verdadero corredor estructural regional, el cual constituye el principal control geométrico del macizo rocoso y explica la homogeneidad estructural observada en amplios sectores de la mina.

### **B) Dominio estructural transversal NE–NNE del sistema Karen–Tirana–Bajo Ángulo**

El dominio NE–NNE se manifiesta de manera localizada, pero con implicancias estructurales relevantes, especialmente en las zonas 4, 5, 10B y 11B. En estos sectores, los *joint sets* y en menor medida las fallas adoptan rumbos entre N30E y N55E, configurando dominios mixtos NW–NE. Las zonas 4A, 4M, 5A y 11B representan los ejemplos más claros de interferencia estructural, donde la superposición de ambos sistemas genera familias conjugadas subverticales. Este patrón es característico de sectores ubicados en zonas de cruce o interacción entre sistemas estructurales mayores, incrementando la densidad de discontinuidades y la complejidad geométrica del macizo (Ragan, 2009).

Desde el punto de vista geomecánico, estos dominios mixtos corresponden a sectores de mayor anisotropía estructural, donde la coexistencia de múltiples familias de discontinuidades favorece la formación de cuñas poliédricas y condiciones potencialmente desfavorables para la estabilidad subterránea. La identificación precisa de estos dominios resulta fundamental para la planificación minera y el diseño de sostenimiento en sectores críticos del yacimiento.

#### Dominio estructural de fallas y diques mediante el Método 1

Tabla 24: Dominio Estructural homogéneo al NW-NNW en Fallas/Diques, se puede apreciar que en la zona 4 y 5 las fallas presentan planos dominantes variables, corroborando la variabilidad estructural de estas zonas. (Elaboración Propia)

| Unidad de roca /<br>Dominio<br>Falla+Dique | NW-NNW<br>E1 | NE-NNE<br>E2 | N-S<br>E3 | ENE<br>E4 | WNW<br>E5 | NW-NE<br>E6 | E-W<br>E7 |
|--------------------------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| Zona 1                                     | ZE11         |              |           |           |           |             |           |
| Zona 2                                     | ZE21         |              |           |           |           |             |           |
| Zona 4                                     | ZE41         | ZE42         |           |           |           |             |           |
| Zona 5                                     | ZE51         |              |           | ZE54      |           |             |           |
| Zona 6                                     | ZE61         |              |           |           |           |             |           |
| Zona 7                                     | ZE71         |              |           |           |           |             |           |
| Zona 8                                     | ZE81         |              |           |           |           |             |           |
| Zona 9                                     | ZE91         |              |           |           |           |             |           |
| Zona 10                                    | ZE101        |              |           |           |           |             |           |
| Zona 11                                    | ZE111        |              |           |           |           |             |           |

## Dominio Estructural de *Joint Sets* (Método 1)

Tabla 25: Se presenta la variabilidad en los Dominios Estructural de los Joint Sets, desde el primer plano dominante hasta la tercera familia dominante (Elaboración Propia).

| Unidad de roca /<br>Dominio Joint<br>Sets | NW-NNW<br>E1 | NE-NNE<br>E2 | N-S<br>E3 | ENE<br>E4 | WNW<br>E5 | NW-NE<br>E6 | E-W<br>E7 |
|-------------------------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| Zona 1                                    | ZE1-1        |              | ZE13      | ZE14      |           |             |           |
| Zona 2                                    | ZE2-1        | ZE22         |           | ZE24      | ZE25      | ZE26        |           |
| Zona 4                                    | ZE41         | ZE4-2        |           |           |           | ZE46        |           |
| Zona 5                                    | ZE5-1        | ZE52         | ZE53      |           |           | ZE56        |           |
| Zona 6                                    | ZE6-1        |              | ZE63      |           |           |             |           |
| Zona 7                                    | ZE7-1        |              |           |           |           |             |           |
| Zona 8                                    | ZE8-1        |              | ZE83      | ZE84      |           |             |           |
| Zona 9                                    | ZE9-1        |              | ZE93      |           |           |             |           |
| Zona 10                                   | ZE10-1       |              | ZE103     |           |           |             |           |
| Zona 11                                   | ZE11-1       |              | ZE113     |           |           |             |           |

Para poder asociar las zonas y subzonas delimitadas por las fallas mayores, se relacionan a sectores de la Mina Santos denominados María José - Meléndez - Supernova - Helena - Oeste, donde:

1. En el sector María José tenemos la zona 1 y las zonas 2A-2B, en donde presentan un dominio monodominante al NW-NNW con manteos de alto ángulo, que va desde N27W/80 al N31W/71 en fallas/dique, mientras que en *joint sets* tienen direcciones N15W a N22W.
2. Las zonas 4A-4M-4B y las zonas 5A-5M-5B pertenecen al sector Meléndez y la mayoría de sus direcciones dominantes en fallas es de NW-NNW (que contiene rumbos que van desde N20W/79 a N43W/81 con manteos de alto ángulo), pero al contrario los *joint sets* presentan un dominio estructural al NE-NNE (N11E/87 a N44E/85 ambos subverticales), definiendo el sector con un dominio bimodal.
3. El sector Supernova contiene las zonas 8A-8M-8B, 10A-10M-10B y parte N de la zona 7A, las cuales tienen un dominio estructural en fallas de NW-NNW (con rumbos de

N22W/88 a N54W/76 subverticales a alto ángulo) al igual que los *joint sets* (N26W/77 a N34W/84 de alto ángulo), por lo que se le asocia a un dominio monodominante.

4. Continuando con el sector Helena que contiene la zona 9A-9M-9B y parte E de la zona 7A-7M-7B presentan un dominio NW-NNW tanto en fallas como en *joint sets*, por lo cual, tienen un dominio monodominante.
5. Para finalizar tenemos el sector Oeste, el cual contiene la zona 6 y la zona 11A principalmente con un dominio estructural al NW-NNW en fallas/dique y *joint sets*, mientras que la zona 11B presenta una interferencia NE en los *joint sets*, por ende, presenta un dominio monodominante en la mayoría del sector Oeste, y al lado S del sector presenta un dominio bimodal.

A continuación, se presenta la imagen (31) la cual representa las zonas obtenidas en esta metodología, con sus respectivos sectores de la Mina Santos y en la tabla (26) presenta los números de datos estructurales de cada zona.

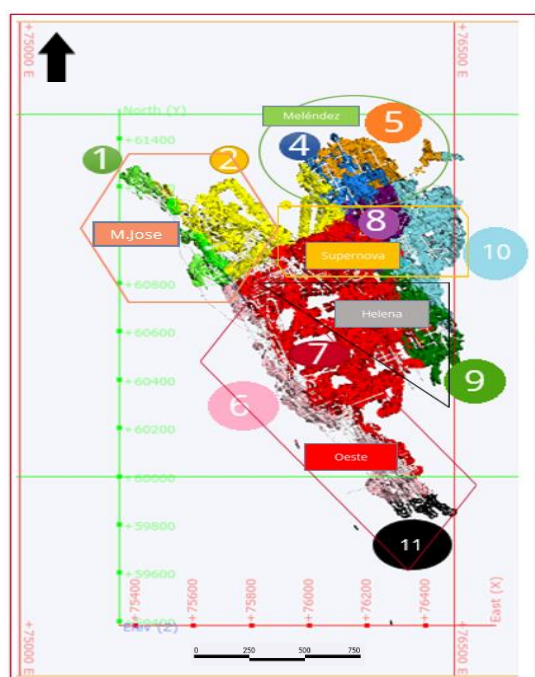


Figura 31: visualización de áreas asociadas a sectores de la Mina Santos.

Tabla 26: Se presenta la variabilidad en los Dominios Estructural de los Joint Sets, desde el primer plano dominante hasta la tercera familia dominante.

| Zonas   | N° (F+D) – (JN)                |                         |
|---------|--------------------------------|-------------------------|
| Zona_1  | A: 368                         | 156                     |
| Zona_2  | A: 699<br>M: 139               | 761<br>241              |
| Zona_4  | A: 111<br>M: 202<br>B: 106     | 41<br>411<br>242        |
| Zona_5  | A: 241<br>M: 202<br>B: 65      | 203<br>648<br>132       |
| Zona_6  | A: 314                         | 196                     |
| Zona_7  | A: 485<br>M: 1.084<br>B: 1.286 | 1.609<br>2.194<br>1.332 |
| Zona_8  | A: 320<br>M: 202<br>B: 108     | 165<br>110<br>140       |
| Zona_9  | A: 294<br>M: 164<br>B: 141     | 661<br>196<br>198       |
| Zona_10 | A: 1172<br>M: 532<br>B: 196    | 1301<br>411<br>367      |
| Zona_11 | A: 378<br>M: 271               | 304<br>27               |

## 6.2. Discusión del Método 2: dominios estructurales por cuadrantes de 200 x 200 m

El análisis estructural por cuadrantes permite evaluar la variabilidad espacial del fracturamiento a una escala más local, complementando y refinando la interpretación zonal obtenida mediante el Método 1. Los resultados muestran una alta coherencia entre ambos enfoques, confirmando que los dominios estructurales definidos a escala regional se reproducen, en términos generales, a escala operativa. En el Área 1, las fallas y diques presentan un dominio dominante NNW–NW, mientras que los *joint sets* incorporan familias secundarias N–S y ENE. Esta relación es consistente con un dominio principal NW afectado por ajustes internos del campo de esfuerzos, tal como describen Twiss y Moores (2007) para sistemas frágiles sometidos a múltiples fases de deformación o a variaciones locales del régimen tensional.

En el Área 2, el dominio NW se expresa de manera aún más marcada, alcanzando cerca del 90 % de las orientaciones de fallas y diques. No obstante, la aparición puntual de familias NE o N–S en los *joint sets* confirma la influencia local del sistema transversal Karen–Tirana, validando la interpretación de zonas de interferencia estructural previamente identificadas en el Método 1. Este método refuerza la capacidad predictiva del modelo estructural, al permitir asociar dominios estructurales específicos a sectores operativos concretos de la mina (María José, Meléndez, Supernova, Helena y Oeste), lo cual es especialmente relevante para la evaluación de estabilidad y la planificación de desarrollos y caserones futuros.



Figura 32: Dominios estructurales de Fallas/Diques a la izquierda (1-2), y dominios estructurales de los *joint sets* a la derecha (1-2) (Elaboración Propia).

### **6.3. Dominios estructurales analizados mediante el Método 3:**

El análisis de dominios estructurales en función de la litología aporta una dimensión crítica a la interpretación estructural global, al evidenciar que distintas unidades rocosas registran de manera diferencial la deformación frágil, aun bajo un mismo marco tectónico regional. En este contexto, las unidades UG 61 (metandesita) y UG 57 (skarn de magnetita) presentan un comportamiento altamente coherente, lo que implica una respuesta mecánica relativamente homogénea, caracterizada por una concentración dominante de estructuras con orientación NW–NNW, consistente con el campo de esfuerzos regional. Esta coherencia estructural sugiere una menor dispersión de orientaciones, una cinemática bien definida y un comportamiento más predecible del macizo rocoso. En contraste, las unidades UG 77 (Albitófiro) y UG 67 (brecha de magnetita) muestran una mayor capacidad para registrar múltiples eventos y reorientaciones del campo de esfuerzos, evidenciada por la presencia de sistemas conjugados NE, N–S y E–W. Esta respuesta más heterogénea refleja una mayor sensibilidad a la interferencia tectónica, permitiendo que estas litologías actúen como sensores estructurales, capaces de preservar la superposición de distintos regímenes de deformación frágil.

Este comportamiento es coherente con lo planteado por Passchier & Trouw (2005) y Davis y Reynolds (1996), quienes señalan que las litologías más competentes y frágiles tienden a concentrar la deformación en forma de fracturas discretas, preservando una historia estructural más completa y compleja. En este contexto, una buena calidad geomecánica no implica necesariamente simplicidad estructural, como se observa claramente en el caso del Albitófiro. La UG 77, a pesar de su alta competencia mecánica, registra una elevada variabilidad direccional y una clara interferencia entre los sistemas NW y NE, especialmente en las zonas 4, 5 y 10. Este resultado tiene implicancias directas para la evaluación de estabilidad, ya que demuestra que sectores dominados por litologías competentes pueden presentar condiciones estructurales complejas y potencialmente desfavorables desde el punto de vista geomecánico.

#### **❖ Coherencias y discrepancias respecto al Método 1**

En comparación con el Método 1 (zonas por fallas mayores), el Método 3 mostró una coherencia global: el dominio NW–NNW se mantuvo como el patrón más repetido en todas las litologías, lo que valida que el sistema longitudinal asociado a Helena–Meléndez–Isabel constituyó el control tectónico principal del yacimiento. Esto es consistente con modelos de dominios estructurales donde las fallas mayores definen la arquitectura regional y condicionan

la orientación predominante del fracturamiento (Davis & Reynolds, 1996; Twiss & Moores, 2007). No obstante, el enfoque litológico reveló un punto clave para la discusión: En zonas clasificadas como NW monodominantes a escala zonal, algunas litologías (especialmente UG 77 y UG 67) registraron sets secundarios NE–ENE o conjugados N–S/E–W, indicando que la complejidad puede estar oculta cuando se promedia el comportamiento estructural del bloque. En términos conceptuales, esto calza con la noción de que la deformación frágil no se distribuye uniformemente, sino que se concentra y se preserva mejor en litologías más competentes y heterogéneas, mientras otras unidades tienden a reflejar un patrón más limpio (Passchier & Trouw, 2005; Ragan, 2009).

#### ❖ Causas de la variabilidad estructural entre la UG 77 y la UG 67.

Un resultado relevante del Método 3 fue que UG 77 (Albitófiro) y UG 67 (Brecha de magnetita) mostraron la mayor variabilidad direccional del fracturamiento, evidenciada por la coexistencia de sets NW–NE y sistemas conjugados N–S/E–W. Las causas de esta variabilidad pueden interpretarse a partir de la combinación de factores tectónicos, geométricos y reológicos - litológicos:

1. Enfoque tectónico–geométrico: su mayor complejidad coincide espacialmente con sectores donde se reconoció interferencia entre el sistema NW–NNW y el sistema transversal NE–NNE (por ejemplo, zonas 4 y 5 en tu Método 1). En escenarios de superposición de esfuerzos, es esperable que se desarrollen sets ortogonales/subortogonales y familias conjugadas, aumentando la densidad y diversidad del fracturamiento (Davis & Reynolds, 1996; Ragan, 2009).
2. La elevada dispersión direccional puede verse reforzada por la presencia de anisotropías estructurales heredadas, tales como discontinuidades previas o contrastes litológicos, las cuales pueden ser reactivadas bajo distintos regímenes tensionales. Este control estructural previo favorece la nucleación de fracturas con orientaciones variables y contribuye a la complejidad observada (Passchier & Trouw, 2005).
3. Enfoque reológico–litológico: rocas más competentes suelen fracturarse de manera frágil y preservar mejor múltiples episodios o componentes tensionales. En contraste, unidades menos competentes pueden acomodar parte de la deformación de forma distribuida, reduciendo la expresión de sets secundarios o concentrándolos en zonas específicas (Passchier & Trouw, 2005; Twiss & Moores, 2007). En el caso de la UG

77, esta corresponde a una litología que, pese a presentar una buena calidad, no implica una simplicidad estructural, por el contrario, evidencia una mayor capacidad para registrar una alta variabilidad de sets estructurales, con direcciones mixtas.

#### ❖ **Implicancias geomecánicas en la Mina Santos**

La respuesta de las distintas unidades litológicas de la Mina Santos concuerda con lo esperado en un entorno frágil típico de depósitos vetiformes y skarnizados. Según las observaciones de Twiss & Moores (2007) y Passchier & Trouw (2005), rocas como skarns, Albitófiro y metandesita tienden a registrar deformación predominantemente frágil, con generación de múltiples sistemas de fracturas subverticales cuando el campo tensional presenta más de una orientación activa.

Esto se confirma en los resultados del Método 3:

- UG 61 y UG 57: Tendieron a mantener coherencia con el set regional NW–NNW, favoreciendo condiciones más predecibles para análisis cinemático.
- UG 50: comportamiento frágil moderado, con dominios NW claros, pero interferencias de dominio NE.
- UG 77 y UG 67: Incorporaron sets transversales y conjugados, lo que incrementa las combinaciones de intersección entre planos y, por ende, el potencial de cuñas más complejas en sectores donde estas litologías dominan el macizo (Hoek & Bray, 1981; Palmström & Stille, 2015).

Esta diferenciación litológica permite entender por qué ciertos caserones presentan mayor inestabilidad potencial, incluso cuando las zonas muestran un dominio estructural simple: la litología controla la densidad, orientación y continuidad del fracturamiento menor, lo que no puede captarse únicamente mediante el análisis por zonas (Método 1).

#### ❖ **Integración conceptual: aportes del Método 3 al modelo estructural de la Mina Santos**

El análisis litológico agrega tres elementos críticos para la discusión estructural global:

1. Valida parcialmente los dominios definidos en el Método 1, reforzando el predominio del sistema NW regional.

2. Aporta matices y complejidad, demostrando que la estructura interna depende también de la litología y no solo de la proximidad a fallas mayores.
3. Identificar aquellas litologías que actúan como sensores de deformación, tales como UG 77 y UG 67, las cuales, debido a su competencia mecánica y buena preservación estructural, registran de manera más eficiente la intensidad, orientación y variabilidad de las estructuras geológicas. Estas unidades resultan fundamentales para la proyección de la estabilidad del macizo rocoso y para la identificación y análisis de los posibles mecanismos de falla.

Así, el Método 3 no sólo complementa los métodos previos, sino que también corrige interpretaciones simplificadas y permite elaborar un modelo estructural y geomecánico mucho más realista, capaz de anticipar comportamientos a escala de caserón y de planificación subterránea.

#### **6.4 Análisis comparativo de los dominios estructurales entre el modelo actual y la propuesta de redefinición estructural**

##### **6.4.1 Dominio estructural actual:**

La Mina Santos presenta un dominio estructural actual, compuesto principalmente por fallas (94%) y, en menor proporción, por diques (6%), información correspondiente a la base de datos BD\_Santos\_03/04/2025. La distribución de los datos estructurales evidencia una mayor concentración en el centro de la Mina Santos, mientras que el resto de la mina presenta una mayor incertidumbre asociada a la escasez de información estructural disponible.

En conjunto, la Mina Santos se caracteriza por la presencia de cinco dominios estructurales, asociados a las principales fallas mayores: Meléndez (NW), Karen (NW), Isabel (NW), Helena (NW) y Abundancia (NW).

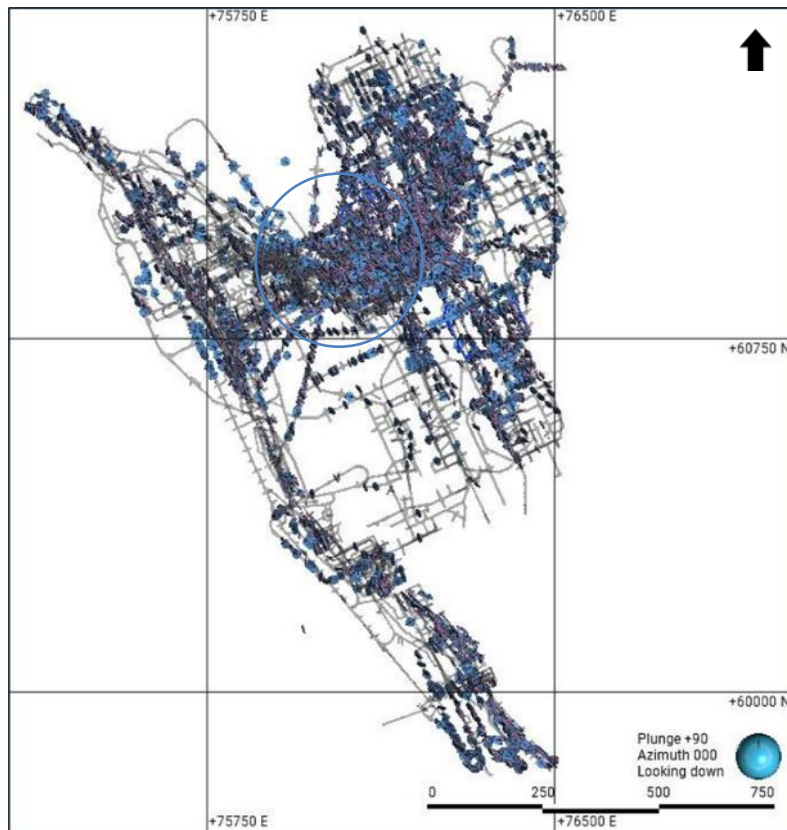


Figura 33: Distribución de datos Falla/Diques (7.199) (Elaboración Propia)

La Mina Santos presenta cinco dominios estructurales, asociados a las principales fallas mayores previamente descritas. El primer dominio, correspondiente al sistema Abundancia, presenta una dirección preferencial N40W y se localiza en el sector suroeste (SW) de la mina. El segundo dominio, asociado a la falla Helena, muestra una dirección dominante N30W, y se ubica en el sector norte (N) de la mina.

El tercer dominio, vinculado al sistema Isabel, presenta una orientación predominante N35W y se distribuye de manera continua a lo largo del eje NW–SW de gran parte de la mina. El cuarto dominio, asociado al sistema de falla Karen, se caracteriza por una mayor variabilidad estructural, producto de la intersección de dominios con orientaciones N39E y N30W. Finalmente, el quinto dominio estructural, correspondiente al sistema de fallas Meléndez, presenta una dirección preferencial entre N45W y N55W.

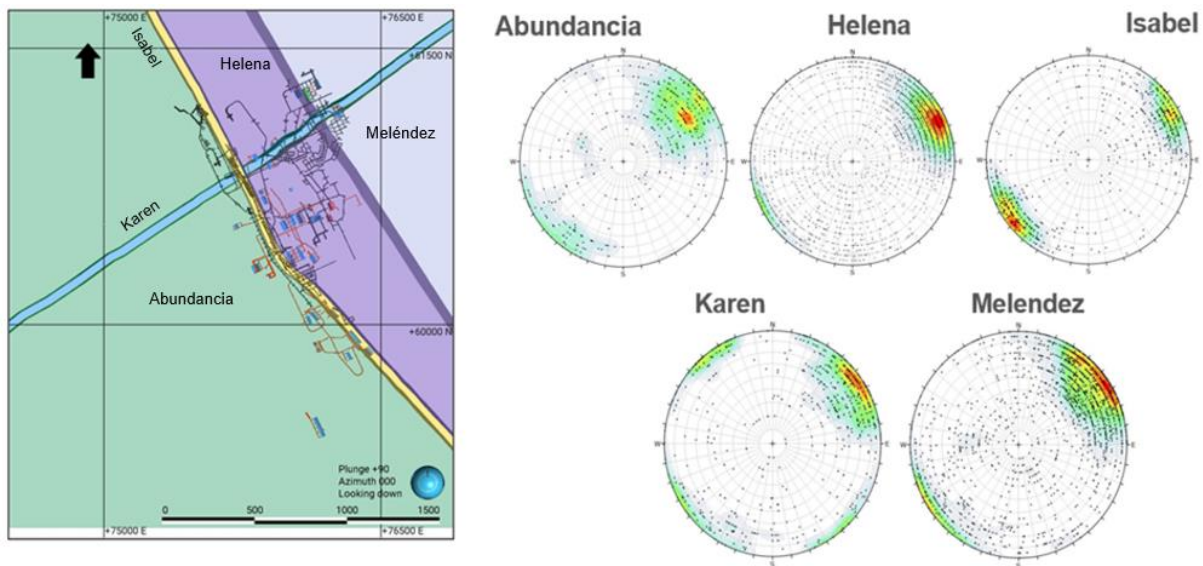


Figura 34: Delimitación de zonas en el dominio estructural actual, Estereogramas de Fallas-Diques (Elaboración Propia)

#### 6.4.2 Definición del dominio estructural propuesto

Los dominios estructurales propuestos se encuentran asociados a siete sistemas de fallas principales, integrando de manera coherente estructuras de primer y segundo orden, lo que permite representar con mayor fidelidad la arquitectura estructural de la Mina Santos. En este contexto, las fallas Isabel, Helena y Meléndez definen el dominio estructural principal, mientras que las fallas transversales Karen, Tirana, junto con las fallas de bajo ángulo inferior y superior, configuran un segundo dominio estructural, permitiendo capturar de mejor forma la complejidad estructural del yacimiento.

Desde una perspectiva geomecánica, los dominios propuestos incorporan una mayor densidad y diversidad de información estructural, con 53% de fallas, 43% de *joint sets* y 6% de diques, lo que representa casi el doble de datos estructurales en comparación con el dominio actualmente utilizado. De acuerdo con Hoek (2007) y Brady & Brown (2004), una caracterización estructural más completa reduce significativamente la incertidumbre en la definición de dominios geomecánicos y mejora la confiabilidad de los análisis de estabilidad. Asimismo, Palmström (2005) y Laubscher & Jakubec (2001) destacan que la incorporación sistemática de discontinuidades de distinta naturaleza permite definir dominios más representativos del comportamiento real del macizo rocoso, optimizando la selección de parámetros geomecánicos y los criterios de diseño minero.

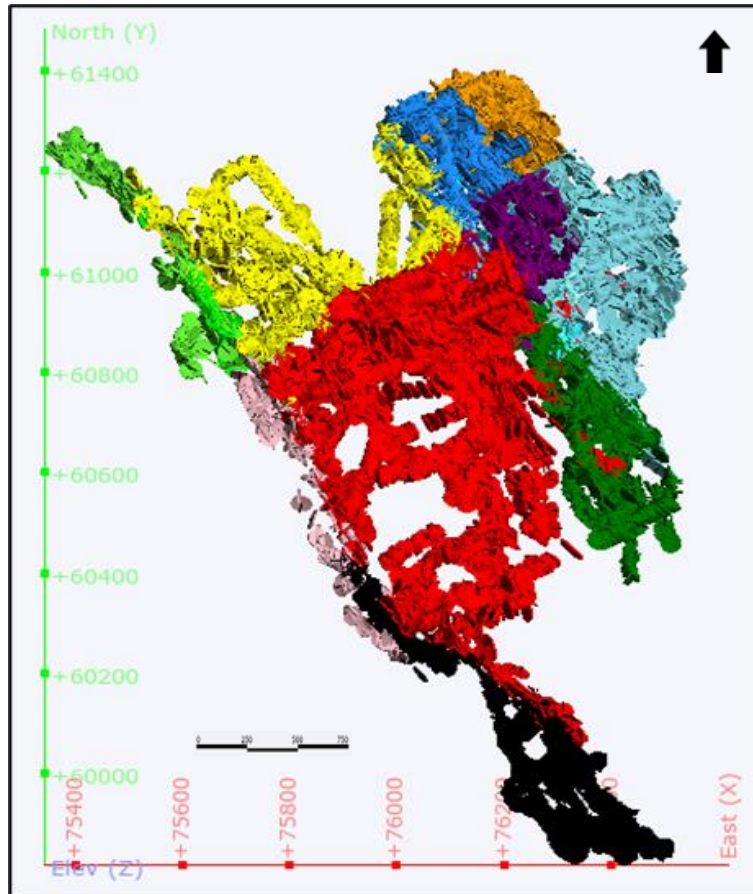


Figura 35: Distribución de datos F/D + Joint Sets (18.612). (Elaboración Propia)

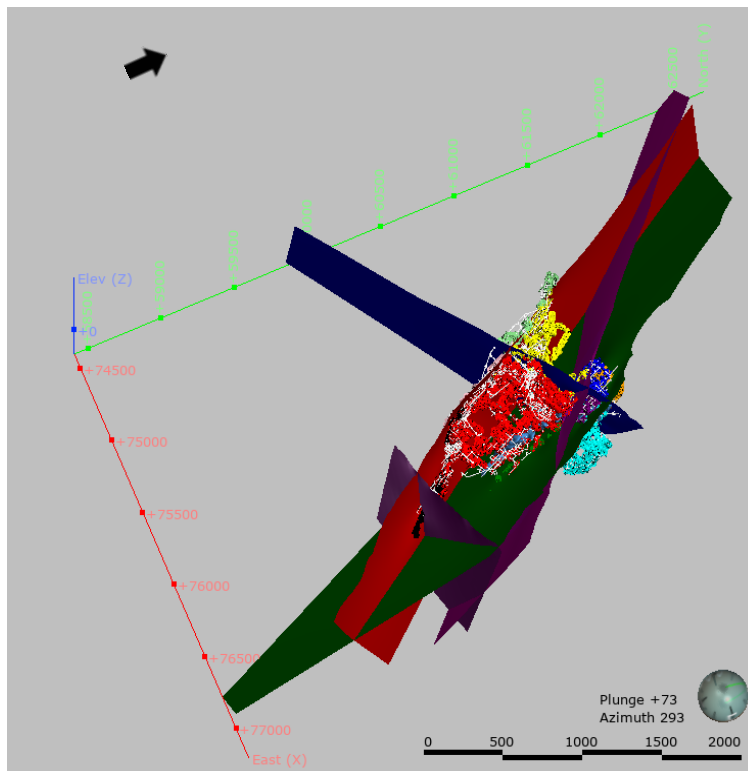


Figura 36: Zonas subdivididas por fallas mayores (no se aprecian las fallas de bajo ángulo, para no perturbar la visualización). (Elaboración Propia)

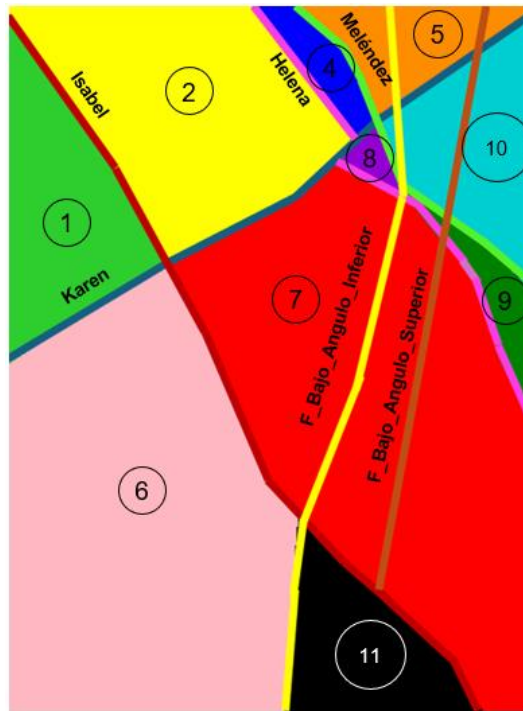


Figura 37: Zonas de la Mina Santos, Dominio Estructural propuesto. (Elaboración Propia)

En la figura (37) se representa visualmente las zonas con límites de fallas mayores Isabel - Helena - Meléndez - Karen - Bajo Ángulo Inf y Sup. Estas zonas presentan un dominio geo - estructural mucho más completo que el actual debido a la incorporación de datos estructurales de *joint sets*, los cuales presentan los siguientes resultados de Fallas/Diques + *Joint Sets*:

- Zona 1: N28W/82 → Monodominante = Dominio NW
- Zona 2: N26W/78 → Monodominante = Dominio NNW
- Zona 4: N45E/86 - N37W/84 → Bimodal = Dominio NE
- Zona 5: N50E/89 - N37W/83 → Bimodal = Dominio NE
- Zona 6: N36W/84 - N26W/78 → Monodominante = Dominio NW-NNW
- Zona 7: N26W/84 → Monodominante = Dominio NNW
- Zona 8: N24W/87 → Monodominante = Dominio NNW
- Zona 9: N32W/85 → Monodominante = Dominio NW
- Zona 10: N30W/87 → Monodominante = Dominio NW
- Zona 11: N44W/84 → Monodominante = Dominio NW

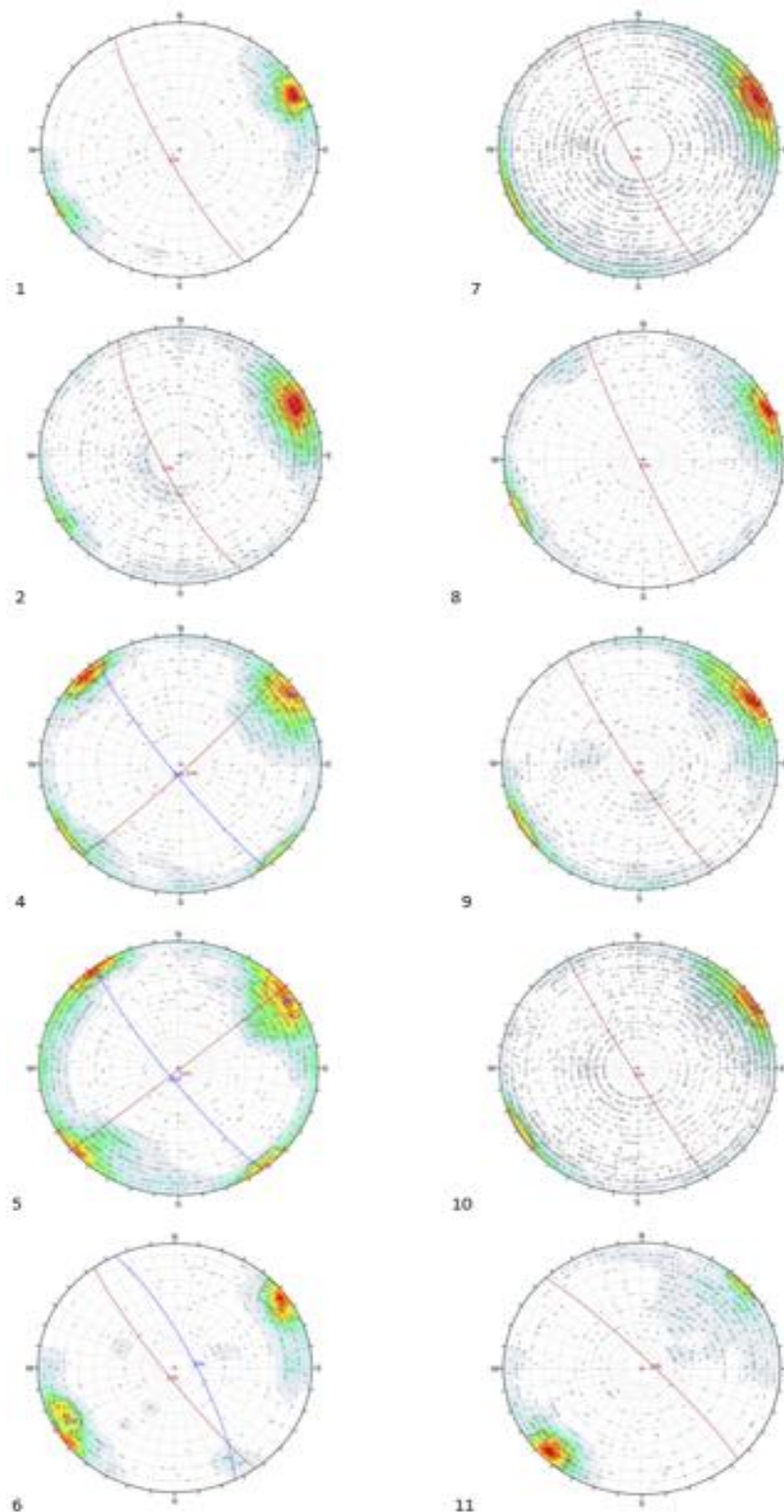


Figura 38: Diagrama de Polos, Dominio Estructural de las zonas, método 1. (Elaboración Propia).

La consolidación de una base de datos geo-estructural robusta, compuesta por 18.612 registros de fallas, diques y sistemas de *joint sets*, permitió construir una caracterización estructural de alta resolución para la Mina Santos. Esta densidad y cobertura de datos posibilitó una definición

más precisa y confiable de los dominios estructurales, superando las limitaciones de modelos previos basados exclusivamente en fallamiento mayor. Los resultados evidencian que gran parte del yacimiento está dominado por un dominio estructural homogéneo de orientación NW–NNW, asociado directamente al sistema regional de fallas Isabel–Helena–Meléndez, el cual constituye el eje tectónico principal que ha condicionado la evolución frágil del macizo rocoso.

La integración de los tres métodos aplicados (I) dominios estructurales definidos por fallas mayores, (II) análisis por cuadrantes de  $200 \times 200$  m y (III) dominios estructurales según litología permitió desarrollar una interpretación multiescala coherente y consistente del comportamiento estructural del yacimiento. La reiterada aparición del dominio NW–NNW en los análisis zonales, locales y litológicos confirma que este sistema representa el marco estructural dominante de la Mina Santos, controlando tanto el fallamiento como el fracturamiento menor en la mayor parte del volumen rocoso analizado. Este patrón concuerda con modelos teóricos de dominios estructurales en ambientes frágiles, donde un sistema regional persistente define la arquitectura primaria del macizo (Twiss & Moores, 2007; Davis & Reynolds, 1996). No obstante, los tres métodos coinciden en identificar sectores específicos donde emerge de manera sistemática un segundo sistema estructural de orientación NE–ENE, asociado a las fallas transversales Karen, Tirana y Bajo Ángulo. Esta interferencia se manifiesta con mayor claridad en las zonas 4 y 5 del Método 1, en varios cuadrantes del Método 2 (por ejemplo, 2.1, 2.2, 2.13, 2.20, 2.23 y 2.24) y en determinadas litologías analizadas en el Método 3. La coincidencia espacial de estos dominios bimodales confirma que el sistema NE no corresponde a un fenómeno local aislado, sino a un componente tectónico real, cuya interacción con el sistema NW genera sectores de mayor complejidad estructural y anisotropía interna. Este comportamiento es coherente con lo descrito para zonas de interferencia entre sistemas conjugados en contextos tectónicos transpresivos y frágiles (Passchier & Trouw, 2005; Ragan, 2009).

El análisis por litología permitió profundizar esta interpretación, evidenciando que las distintas unidades geológicas registran de forma diferenciada el campo de esfuerzos. Litologías como la Metandesita UG 61 y el Skarn de Magnetita UG 57 muestran un comportamiento estructural altamente coherente, reproduciendo de manera consistente el dominio NW–NNW con escasa dispersión angular. En contraste, unidades más frágiles y competentes, como el Albitófiro UG 77 y la Brecha de Magnetita UG 67, presentan una mayor capacidad para registrar sistemas

conjugados y transversales, desarrollando dominios mixtos NW–NE y, localmente, patrones multimodales. Este resultado es consistente con lo propuesto por Ragan (2009) y Twiss y Moores (2007), quienes señalan que las litologías más competentes tienden a conservar un registro más completo de la historia tensional, expresando tanto las estructuras principales como las secundarias. La coherencia observada entre los dominios definidos a escala zonal (Método 1) y aquellos reconocidos a escala local mediante cuadrantes (Método 2) refuerza la validez del modelo estructural propuesto. Las zonas interpretadas como monodominantes NW–NNW se reproducen como conjuntos de cuadrantes igualmente coherentes, mientras que las zonas de interferencia estructural muestran una complejidad local consistente y repetible. Este comportamiento confirma que la variabilidad estructural interna del macizo no es aleatoria, sino que responde a controles tectónicos bien definidos que se expresan de forma jerárquica según la escala de análisis.

Desde una perspectiva geomecánica, los dominios monodominantes NW–NNW corresponden a bloques estructuralmente más simples y predecibles, condición que resulta favorable en contextos de diseño donde la orientación de las excavaciones es concordante o subparalela al set estructural dominante, facilitando la definición de esquemas de sostenimiento y una evaluación de estabilidad más confiable (Hoek & Brown, 1980; Hoek, 2007). No obstante, esta condición no es universal, ya que una intersección desfavorable entre las labores y el set dominante puede incrementar el potencial de inestabilidad estructural (Brady & Brown, 2004). Por el contrario, los sectores donde coexisten familias NW–NE y sets conjugados N–S o E–W representan zonas de mayor complejidad estructural, con mayor potencial para la formación de cuñas poliédricas y mecanismos de inestabilidad local, como se suele dar en la corona, hastiales y zapateras, tal como lo describen Hoek y Bray (1981) y Palmström y Stille (2007) para macizos rocosos intensamente fracturados.

En síntesis, la discusión integrada demuestra que la metodología aplicada es consistente y adecuada para describir la organización estructural del macizo rocoso de la Mina Santos. La combinación de enfoques multiescala permitió validar la hipótesis inicial del estudio, confirmando la predominancia de un dominio estructural NW–NNW regional, acompañado de variaciones locales asociadas a sistemas transversales y a la respuesta mecánica de cada litología. Este modelo estructural refinado constituye una base sólida para la predicción del comportamiento geomecánico del yacimiento y para la optimización del diseño, sostenimiento y planificación minera del quinquenio 2025–2030.

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIÓN

La clasificación de los *joint sets* presentes en la Mina Santos, permitió identificar y caracterizar de manera robusta las principales familias estructurales a partir de sus parámetros geométricos y geomecánicos. La consolidación y depuración de una base de datos estructural compuesta por 18.612 registros de fallas, diques y *joint sets* posibilitó actualizar y reinterpretar el marco estructural del yacimiento con un nivel de detalle significativamente. Los resultados evidencian un dominio principal NW–NNW subvertical, dominante en gran parte de la mina y estrechamente vinculado al sistema de fallas mayores Helena–Meléndez–Isabel. De forma complementaria, se reconocieron familias secundarias con orientaciones NE–ENE, N–S y E–W, cuya presencia es variable y se concentra principalmente en zonas de interferencia estructural. Esta clasificación permitió distinguir dominios monodominantes, bimodales y multimodales, aportando una comprensión más precisa de la anisotropía del macizo rocoso.

El análisis de la relación espacial y geométrica entre los *joint sets* y las fallas mayores permitió definir dominios estructurales homogéneos a escala de caserón y desarrollo subterráneo. La aplicación combinada del análisis por zonas estructurales y por cuadrantes de  $200 \times 200$  m evidenció la continuidad espacial del dominio estructural NW–NNW, así como la existencia de sectores localizados de mayor complejidad estructural asociados a la superposición de sistemas NW–NE. En particular, las zonas 4 y 5, junto con determinados cuadrantes identificados mediante el Método 2, fueron reconocidas como áreas críticas desde el punto de vista estructural, lo que constituye información clave para la evaluación de la estabilidad y la definición de estrategias de control geomecánico en los desarrollos subterráneos.

Finalmente, en cumplimiento del tercer objetivo específico, la información estructural fue integrada en un modelo estructural tridimensional del yacimiento, el cual permite proyectar espacialmente la distribución de los dominios estructurales dentro del volumen explotable de la mina. Este modelo 3D constituye una herramienta clave para anticipar la geometría y continuidad de los dominios estructurales en el horizonte de planificación subterránea 2025–2030, aportando un soporte técnico directo al diseño de futuros caserones y desarrollos subterráneos. El análisis por litología evidenció que la UG 61 y 57 presentan comportamientos estructurales más coherentes, mientras que la UG 77 y 67 muestran mayor variabilidad direccional, actuando como indicadores de interferencia estructural. En conjunto, los resultados confirman el dominio de un sistema estructural regional NW–NNW, sobre el cual se superpone un sistema transversal NE–ENE de influencia localizada, pero geomecánicamente significativa.

## CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en este estudio permiten establecer un conjunto de recomendaciones orientadas a fortalecer el entendimiento del comportamiento estructural del macizo rocoso de la Mina Santos y a contribuir a mejorar la planificación geotécnica y operacional. En primer lugar, se recomienda mantener y actualizar de manera periódica la base de datos estructural generada, la cual constituye uno de los principales aportes de este trabajo. Dada su magnitud y su carácter depurado, esta base debe continuar alimentándose con nuevos registros provenientes de caserones en explotación, desarrollos y sondajes, asegurando además la estandarización de los formatos de captura, procesamiento y validación. La actualización continua permitirá comparar tendencias, detectar cambios en el régimen de fracturamiento y validar la estabilidad de los dominios estructurales definidos. Asimismo, es aconsejable revisar regularmente los dominios estructurales definidos en los Métodos 1, 2 y 3. El avance de la explotación subterránea expone nuevos sectores y abre zonas donde pueden aparecer estructuras menores o variaciones en la orientación de los *joint sets*. Por lo tanto, se sugiere una actualización semestral o anual de los estereogramas, diagramas de roseta y análisis de densidad de polos, especialmente en las zonas donde se evidenció mayor variabilidad estructural, como las Zonas 4, 5, 7, 8 y 10. Esta revisión sistemática permitirá mantener la coherencia del modelo estructural y detectar oportunamente sectores con mayor complejidad o cambios significativos en el comportamiento tectónico local.

Otra recomendación fundamental es incorporar el modelo estructural y lito–estructural obtenido en este estudio dentro de los procesos de diseño geomecánico y planificación minera. Los dominios definidos permiten establecer direcciones favorables y desfavorables para el desarrollo de galerías, rampas y caserones, así como identificar sectores donde la formación de cuñas estructurales puede generar riesgos operacionales. La tendencia estructural principal NW constituye una guía importante para orientar desarrollos de forma más estable, mientras que las zonas con interferencia NW–NE requieren consideraciones adicionales de sostenimiento y evaluación previa mediante modelamiento geotécnico. Del mismo modo, se recomienda priorizar estudios más detallados en las zonas con mayor complejidad estructural. Sectores como las Zonas 4, 5, 7 y 10 presentan dominios bimodales o multimodales, así como la coexistencia de sistemas estructurales mayores y conjugados, lo que incrementa el riesgo geotécnico potencial. Para estas áreas, resulta conveniente ejecutar mapeos estructurales más densos, ensayos geotécnicos complementarios y, de ser necesario, instrumentación de monitoreo como prismas, puntos de convergencia o escáner 3D. Esto permitirá comprender

con mayor precisión las condiciones locales del macizo rocoso y anticipar comportamientos frágiles o inestables. También se recomienda considerar con mayor profundidad el comportamiento frágil–dúctil de las litologías presentes en la mina. A pesar de que muchas unidades poseen buena o muy buena calidad geomecánica, los resultados del estudio demostraron que esto no necesariamente limita la variabilidad estructural. Litologías como UG 77, con alta competencia, registran múltiples familias conjugadas, lo que evidencia una mayor sensibilidad al campo de esfuerzos. En este sentido, futuras investigaciones podrían beneficiarse de análisis petrográficos, microestructurales y de alteración hidrotermal, que ayuden a comprender cómo las propiedades intrínsecas de cada roca influyen en su comportamiento estructural.

Finalmente, se recomienda avanzar hacia la integración de toda la información estructural, litológica y geomecánica en un modelo tridimensional integral del macizo rocoso. Herramientas como Leapfrog, RS2 o FLAC3D permitirían simular escenarios operativos, evaluar alternativas de diseño y mejorar la predicción del comportamiento estructural de sectores clave. Para ello, sería valioso formalizar un protocolo institucional de levantamiento estructural que estandarice el proceso de captura, registro y análisis, garantizando la continuidad metodológica y permitiendo que futuros profesionales continúen robusteciendo el modelo generado en esta memoria.

## BIBLIOGRAFÍA

Arabasz, W. J. (1971). *Geological and geophysical studies of the Atacama Fault Zone in northern Chile* (Doctoral dissertation). California Institute of Technology.

Arévalo, C. (1995). *Mapa geológico Hoja Copiapó, Región de Atacama, escala 1:100.000*. Servicio Nacional de Geología y Minería.

Arévalo, C. (1999). *The coastal cordillera/precordillera boundary in the Tierra Amarilla área (27°20'–27°40'S/70°05'–70°20'W), northern Chile, and the structural setting of the Candelaria Cu–Au ore deposit* (Doctoral thesis). Kingston University, Kingston upon Thames, UK.

Arévalo, C. (2005a). *Carta Copiapó, Región de Atacama*. Carta Geológica de Chile, Serie Geológica Básica (No. 91). Servicio Nacional de Geología y Minería.

Arévalo, C. (2005b). *Carta Los Loros, Región de Atacama*. Carta Geológica de Chile, Serie Geológica Básica. Servicio Nacional de Geología y Minería.

Arévalo, C., & Mpodozis, C. (1991). Tectónica del Grupo Chañarcillo: una franja de cabalgamientos con vergencia al oeste en el valle del río Copiapó, Región de Atacama, Chile. En *Congreso Geológico Chileno* (pp. 81–83).

Atherton, M. P., & Aguirre, L. (1992). Thermal and geotectonic setting of Cretaceous volcanic rocks near Ica, Peru, in relation to Andean crustal thinning. *Journal of South American Earth Sciences*, 5(1), 47–69.

Attewell, P. B., & Farmer, I. W. (1976). *Principles of engineering geology*. Chapman and Hall.

Barton, M. D., & Johnson, D. A. (1996). Evaporitic-source model for igneous-related Fe oxide–(REE–Cu–Au–U) mineralization. *Geology*, 24(3), 259–262.

Bieniawski, Z. T. (1989). *Engineering rock mass classifications: A complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering*. John Wiley & Sons.

Brown, E. T. (Ed.). (1981). *Rock characterization, testing and monitoring: ISRM suggested methods*. Pergamon Press.

Brown, M., Díaz, F., & Grocott, J. (1993). Displacement history of the Atacama fault system, 25°00'S–27°00'S, northern Chile. *Geological Society of America Bulletin*, 105(9), 1165–1174.

- Cai, M., Kaiser, P. K., Uno, H., Tasaka, Y., & Minami, M. (2007). Estimation of rock mass deformation modulus and strength of jointed hard rock masses using the GSI system. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 44(4), 550–561.
- Camus, F. (1980). Posible modelo genético para los yacimientos de cobre del distrito minero Punta del Cobre. *Revista Geológica de Chile*, 11, 51–76.
- Cembrano, J., González, G., Arancibia, G., Ahumada, I., Olivares, V., & Herrera, V. (2005). Fault zone development and strain partitioning in an extensional strike-slip duplex: A case study from the Mesozoic Atacama Fault System. *Tectonophysics*, 400(1–4), 105–125.
- Cembrano, J., Garrido, A., & Marquardt, M. (2009). Tectonic setting of IOCG deposits in the Central Andes: Strike-slip-dominated deformation. En *XII Congreso Geológico Chileno* (resumen extendido).
- Charrier, R., Pinto, L., & Rodríguez, M. P. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean orogen in Chile. En T. Moreno & W. Gibbons (Eds.), *The geology of Chile* (pp. 21–114). The Geological Society of London.
- Chen, H., Cooke, D. R., & Baker, M. J. (2013). Mesozoic iron oxide copper–gold mineralization in the central Andes and the Gondwana supercontinent breakup. *Economic Geology*, 108(1), 37–44.
- Corvalán, J. (2010). Estratigrafía del Neocomiano marino de la región al sur de Copiapó, Provincia de Atacama. *Andean Geology*, 37(1), 43–55.
- Dallmeyer, R. D., Brown, M., Grocott, J., Taylor, G. K., & Treloar, P. J. (1996). Mesozoic magmatic and tectonic events within the Andean plate boundary zone, 26°–27°30'S, north Chile: Constraints from <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar mineral ages. *Journal of Geology*, 104(1), 19–40.
- Del Real, I., & Arriagada, C. (2015). Inversión tectónica positiva en el distrito El Espino: Relaciones entre deformación, magmatismo y mineralización IOCG, Provincia de Choapa, Chile. En *XIV Congreso Geológico Chileno* (resumen extendido).
- Del Real, I., Thompson, J. F. H., & Carriedo, J. (2018). Lithological and structural controls on the genesis of the Candelaria–Punta del Cobre Iron Oxide Copper Gold district, northern Chile. *Ore Geology Reviews*, 102, 106–153.

Del Real, I., Allmendinger, R. W., Thompson, J. F. H., & Creixell, C. (2023). Evidence for transpression during formation of the Candelaria–Punta del Cobre IOCG district and regional implications. *Journal of South American Earth Sciences*, 126, 104289.

Fossen, H. (2016). *Structural geology* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Gelcich, S., Davis, D. W., & Spooner, E. T. C. (2005). Testing the apatite–magnetite geochronometer: U–Pb and  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronology of plutonic rocks, massive magnetite–apatite tabular bodies, and IOCG mineralization in northern Chile. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69(13), 3367–3384.

Grocott, J., Brown, M., Dallmeyer, R. D., Taylor, G. K., & Treloar, P. J. (1994). Mechanisms of continental growth in extensional arcs: An example from the Andean plate-boundary zone. *Geology*, 22(5), 391–394.

Grocott, J., & Taylor, G. K. (2002). Magmatic arc fault systems, deformation partitioning and emplacement of granitic complexes in the Coastal Cordillera, north Chilean Andes (25°30'S to 27°00'S). *Journal of the Geological Society*, 159(4), 425–442.

Hitzman, M. W., & Porter, T. M. (2000). Iron oxide–Cu–Au deposits: What, where, when, and why. En T. M. Porter (Ed.), *Hydrothermal iron oxide copper–gold and related deposits: A global perspective* (Vol. 1, pp. 9–25). PGC Publishing.

Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). *Rock slope engineering* (3rd ed.). Institution of Mining and Metallurgy.

Hoek, E., & Brown, E. T. (1980). Empirical strength criterion for rock masses. *Journal of Geotechnical Engineering*, 106(GT9), 1013–1035.

Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2002). Hoek–Brown failure criterion – 2002 edition. En *Proceedings NARMS–TAC Conference* (pp. 267–273).

Hoek, E., Carter, T. G., & Diederichs, M. S. (2013). Quantification of the Geological Strength Index chart. En *47th US Rock Mechanics/Geomechanics Symposium* (ARMA 13-672).

Kay, R. W., & Kay, S. M. (1991). Creation and destruction of lower continental crust. *Geologische Rundschau*, 80(2), 259–278.

Lundin Mining Corporation. (2020). *Reporte técnico: Declaración de recursos y reservas mineras. Distrito Minero Candelaria, Provincia de Atacama, III Región, Chile*. Autor.

Lundin Mining Corporation. (2022). *Reporte técnico: Declaración de recursos y reservas mineras. Distrito Minero Candelaria, Provincia de Atacama, III Región, Chile*. Autor.

Lundin Mining Corporation. (2023a). *Reporte técnico: Declaración de recursos y reservas mineras. Distrito Minero Candelaria, Provincia de Atacama, III Región, Chile*. Autor.

Lundin Mining Corporation. (2023b). *Propiedades geotécnicas. Modelo geológico 2023*. Autor.

Marinos, P., & Hoek, E. (2000). GSI: A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. En *GeoEng 2000 Conference Proceedings*.

Marschik, R., & Fontboté, L. (1996). Copper–iron mineralization and superposition of alteration events in the Punta del Cobre belt, northern Chile. *Economic Geology*, 91(1), 171–189.

Marschik, R., & Fontboté, L. (2001a). The Punta del Cobre Formation, Punta del Cobre–Candelaria area, northern Chile. *Journal of South American Earth Sciences*, 14(4), 401–433.

Marschik, R., & Fontboté, L. (2001b). The Candelaria–Punta del Cobre iron oxide Cu–Au (–Zn–Ag) deposits, Chile. *Economic Geology*, 96(8), 1799–1826.

Marschik, R., & Söllner, F. (2006). Early Cretaceous U–Pb zircon ages for the Copiapó plutonic complex and implications for the IOCG mineralization at Candelaria, Atacama Región, Chile. *Mineralium Deposita*, 41(8), 785–801.

Marschik, R., Singer, B. S., Munizaga, F., Tassinari, C., Moritz, R., & Fontboté, L. (1997). Age of Cu(–Fe)–Au mineralization and thermal evolution of the Punta del Cobre district, Chile. *Mineralium Deposita*, 32(6), 531–546.

Mathur, R., Marschik, R., Ruiz, J., Munizaga, F., Leveille, R. A., & Martin, W. (2002). Age of mineralization of the Candelaria Fe oxide Cu–Au deposit and the origin of the Chilean iron belt, based on Re–Os isotopes. *Economic Geology*, 97(1), 59–71.

Morata, D., & Aguirre, L. (2003). Extensional Lower Cretaceous volcanism in the Coastal Range (29°20'–30°S), Chile: Geochemistry and petrogenesis. *Journal of South American Earth Sciences*, 16(5), 459–476.

Mpodozis, C., & Ramos, V. A. (1989). The Andes of Chile and Argentina. En G. E. Ericksen, M. T. Cañas Pinochet, & J. A. Reinemund (Eds.), *Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources* (Vol. 11, pp. 59–90). Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources.

Naranjo, J. A. (1987). Interpretación de la actividad cenozoica superior a lo largo de la Zona de Falla Atacama, norte de Chile. *Andean Geology*, 14(1), 43–55.

Niemeyer, H. (1999). *Geología estructural*. RIL Editores.

Palmström, A. (2005). Measurements of and correlations between block size and rock quality designation (RQD). *Tunnelling and Underground Space Technology*, 20(4), 362–377.

Pollard, P. J. (2006). An intrusion-related origin for Cu–Au mineralization in iron oxide copper–gold (IOCG) provinces. *Mineralium Deposita*, 41(2), 179–187.

Priest, S. D., & Hudson, J. A. (1976). Discontinuity spacings in rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 13(5), 135–148.

Ragan, D. M. (2009). *Structural geology: An introduction to geometrical techniques* (4th ed.). Cambridge University Press.

Read, J., & Stacey, P. (2009). *Guidelines for open pit slope design*. CSIRO Publishing.

Ryan, P. J., Lawrence, A. L., Jenkins, R. A., Matthews, J. P., Zamora, J. C., Marino, E. Y., & Díaz, I. U. (1995). The Candelaria copper–gold deposit, Chile. En F. W. Pierce & J. G. Bolm (Eds.), *Porphyry copper deposits of the American Cordillera* (pp. 231–244). Arizona Geological Society.

Scheuber, E., & González, G. (1999). Tectonics of the Jurassic–Early Cretaceous magmatic arc of the north Chilean Coastal Cordillera (22°–26°S): A story of crustal deformation along a convergent plate boundary. *Tectonics*, 18(5), 895–910.

Segerstrom, K., & Ruiz, C. (1962). *Cuadrángulo Copiapó, Provincia de Atacama*. Carta Geológica de Chile, Vol. 3(1). Instituto de Investigaciones Geológicas.

Segerstrom, K., Thomas, H., & Tilling, R. I. (1963). *Cuadrángulo Pintadas, Provincia de Atacama*. Carta Geológica de Chile, 12. Instituto de Investigaciones Geológicas.

Sillitoe, R. H. (2003). Iron oxide–copper–gold deposits: An Andean view. *Mineralium Deposita*, 38(7–8), 787–812.

Tilling, R. I. (1976). El batolito andino cerca de Copiapó, Provincia de Atacama: Geología y petrología. *Revista Geológica de Chile*, 3, 1–24.

Twiss, R. J., & Moores, E. M. (1992). *Structural geology* (2nd ed.). W. H. Freeman.

Van der Pluijm, B. A., & Marshak, S. (2004). *Earth structure: An introduction to structural geology and tectonics* (2nd ed.). W. W. Norton.

## ANEXO

### Anexo 1: Obtención de datos Geo-Estructurales

Se detalla de mejor manera el procesamiento de los datos geo-estructurales obtenidos desde plantillas de mapeos históricos provenientes del ACAD, en donde acá se presenta la topografía de cada una de las galerías de la Mina Santos (desde el nivel 100 al 540), en donde se pudieron identificar la traza de cada estructura (Fallas -Diques – *Joint Sets*), al obtener estas plantillas en formato JPG se pudieron importar al Software Leapfrog Geo.

En Leapfrog se obtiene la topografía de la Mina Santos, los sólidos de las fallas mayores y los caserones pertenecientes al quinquenio 2025-2030 en 3D, al momento de tener todos estos elementos encendidos, la imagen de la plantilla de ACAD la cual se posiciona a la cota correspondiente del nivel permite obtener la ubicación espacial de cada estructura de la Mina Santos (Imagen 1-2-3).

#### H\_53

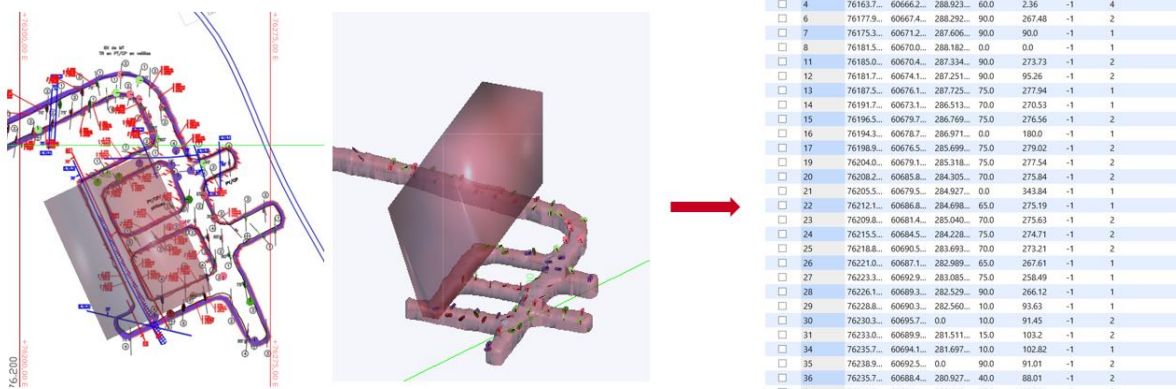


Figura 39: Plantilla de mapeo, sólidos de topografía, caserón y discos estructurales; obtención de datos estructurales (Elaboración Propia)

El ejemplo presente corresponde al caserón H\_53 del año 2025, el cual se realizó principalmente identificando la topografía o su nivel correspondiente a la galería de perforación (nivel techo), y la galería de hundimiento (nivel base), en este caso se aprecia la GU que pertenece al nivel 280, la cual se accede en el ACAD y se importa al Leapfrog, logrando traspasar cada una de las estructuras presentes en el sector, obteniendo la coordenada N-E-Z y además su Dip-Dip Dir, en el caso de los *Joint Sets* se obtiene también su frecuencia y fractura. En la imagen 2, se aprecia tanto el caserón (H\_53), como también, la topografía. Imagen 3, Plantilla numérica con la información correspondiente a cada uno de los discos estructurales realizados, y su ventaja de obtener la base de datos del caserón y/o nivel.

## Anexo 2: Construcción de las Base de Datos Geo-Estructurales.

|      | ID | Este          | Norte         | Elevacion     | Dip  | Dip/Dir | Potencia (cm) | Tipo de estructrua | Frecuencia/Fractura |
|------|----|---------------|---------------|---------------|------|---------|---------------|--------------------|---------------------|
| 7185 |    | 75496.5127    | 61114.72426   | 353.1981377   | 70   | 238.43  |               | FI                 |                     |
| 7186 |    | 75563.08912   | 61004.32675   | 366.9672026   | 80   | 209.17  |               | FT                 |                     |
| 7187 |    | 75584.64968   | 60990.11639   | 366.0518404   | 70   | 219.21  |               | FT                 |                     |
| 7188 |    | 75595.48619   | 60841.59841   | 358.9809061   | 85   | 229.99  |               | FT                 |                     |
| 7189 |    | 75412.23196   | 61162.14091   | 354.1534711   | 85   | 241.29  |               | FT                 |                     |
| 7190 |    | 75636.87244   | 60793.0911    | 363.1460632   | 90   | 240.35  |               | FT                 |                     |
| 7191 |    | 76043.85353   | 60197.26472   | 302.4272163   | 80   | 231.62  |               | FT                 |                     |
| 7192 |    | 75959.12987   | 60295.09535   | 317.9594954   | 80   | 225     |               | FT                 |                     |
| 7193 |    | 76237.92026   | 59968.44657   | 262.6398642   | 90   | 206.29  |               | FT                 |                     |
| 7194 |    | 76312.69016   | 60008.87105   | 265.7606278   | 80   | 59.44   |               | FT                 |                     |
| 7195 |    | 76294.83864   | 60041.33996   | 265.453681    | 80   | 62.08   |               | FT                 |                     |
| 7196 |    | 76374.61764   | 59926.36508   | 260.9086303   | 80   | 50.44   |               | FT                 |                     |
| 7197 |    | 76336.55561   | 59970.89319   | 261.9514642   | 85   | 57.06   |               | FT                 |                     |
| 7198 |    | 76223.89074   | 60133.09075   | 246           | 85   | 47.37   |               | FT                 |                     |
| 7199 |    | 76159.58967   | 60200.95015   | 246.3732673   | 85   | 44.52   |               | FT                 |                     |
| 7200 |    | 76287.07065   | 60101.1299    | 91.1033772    | 25   | 105.19  |               | FT                 |                     |
| 7201 |    | 76506.8164902 | 60455.9793448 | 133.498789993 | 90.0 | 35.6    |               | JN                 | 2                   |
| 7202 |    | 76511.3794966 | 60459.4067114 | 133.873699026 | 0.0  | 359.16  |               | JN                 | 1                   |
| 7203 |    | 76514.0339886 | 60462.2558541 | 133.507318844 | 90.0 | 32.83   |               | JN                 | 1                   |
| 7204 |    | 76506.4328292 | 60466.189829  | 133.268425988 | 90.0 | 41.35   |               | JN                 | 3                   |
| 7205 |    | 76508.2934395 | 60471.4224259 | 133.431919784 | 80.0 | 215.71  |               | JN                 | 1                   |
| 7206 |    | 76501.0965331 | 60476.870055  | 132.721452366 | 15.0 | 266.79  |               | JN                 | 2                   |
| 7207 |    | 76504.6766355 | 60481.3946685 | 132.799138039 | 90.0 | 26.57   |               | JN                 | 2                   |
| 7208 |    | 76497.9415838 | 60483.2227885 | 128.890241671 | 90.0 | 36.22   |               | JN                 | 2                   |
| 7209 |    | 76502.0452457 | 60487.9994195 | 132.880370096 | 90.0 | 32.43   |               | JN                 | 2                   |
| 7210 |    | 76498.2145933 | 60489.0920788 | 133.21387306  | 0.0  | 0.92    |               | JN                 | 3                   |
| 7211 |    | 76484.7673948 | 60513.5055852 | 132.335471885 | 90.0 | 58.13   |               | JN                 | 5                   |
| 7212 |    | 76490.4461066 | 60528.6668158 | 132.549166352 | 79.0 | 265.74  |               | JN                 | 4                   |
| 7213 |    | 76507.3179946 | 60524.183605  | 131.920409278 | 90.0 | 70.46   |               | JN                 | 3                   |
| 7214 |    | 76500.1414469 | 60535.8360672 | 133.0238986   | 85.0 | 69.24   |               | JN                 | 4                   |

Figura 40: Base de datos madre – 17.613 datos de Falla – Dique – Joint Sets (Elaboración Propia).

Se realizó una caracterización geomecánica y geológica de los sets estructurales, utilizando parámetros geomecánicos como Persistencia – Abertura – Rugosidad – Relleno – alteración – Frecuencia/Fractura – Tipo de litología. La caracterización de los sets estructurales se llevó a cabo a través de la plantilla de mapeo de caracterización de sets estructurales, utilizada en Lundin Mining:

| PLANILLA DE MAPEO CARACTERIZACIÓN DE SETS ESTRUCTURALES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                                          |                        |             |                          |                           |       |                    |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|------------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|-------|--------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|-------|------------------|------------------------|----------|-----------------------|---------------|--|--|-------------------|------------|--|------------------|--|--|-------------------|-------------|------------|------------|-------------|-----------------|---------|-------|--------------------|--------|---------------|-------|---------------|----------------|----------|---------|-----------|----------------------|----------|--|-------|-------------|---|---|---|-------------------------------|--|--|---------|---|---------|-------|------------------------------------------|-------|--|----------|-----------------------|----|--|--|---------------------------------------------------|--|--|-----------|--|------------|-------------|------------------------------------|--------|---|-------------|---------------------------|-----|---|--|-----------------------------------------------------|--|--|---------|--|--------------------|--------|-------------------------------------|---------|--|--------------------------|-----------------|----|--|--|----------|--|--|---------|--|---------|------------|-----------------------------------|----------|----|-----------|---------------------------|----|----|----|-----------------------------------------------|--|--|--|--|---------|-------------|----------------------------------------|-----------|--|--------|----------------|----|--|--|--------------------------------------------|---|---|---|--|-----------------|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|---------------------|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|--------|---|---|---|--|---------------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|------------------------|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|-----------------------------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|--|----|---|---|--|--------|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|--------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|---------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|---------------|---|---|---|--|-----------|--|---|---|--|-------|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|------------|---|--|--|--|--------|---|---|---|--|-----------------|--|--|--|--|-------------|--|--|--|--|------------------------|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|-----------|----|----|----|----|------------|--|--|--|--|-----------------------------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----------------|--|--|--|--|--|----|---|---|--|--------|--|--|--|--|------------|---|---|---|--|--------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|---------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----------|--|--|--|--|-----------|--|---|---|--|-------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|------------|---|--|--|--|--------|---|---|---|--|-------------|----|----|----|----|-------------|--|--|--|--|------------------------|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|-----------|----|----|----|----|---------------|---|---|---|--|-----------------------------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|-----------------|--|--|--|--|--|----|---|---|--|--------|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|--------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|---------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|----------------|--|--|--|--|-----------|--|---|---|--|-------|--|--|--|--|-------------|----|----|----|----|------------|---|--|--|--|--------|---|---|---|--|---------------|--|--|--|--|-------------|--|--|--|--|------------------------|--|--|--|--|---------------|---|---|---|--|----------|--|--|--|--|-----------|----|----|----|----|-----------------|--|--|--|--|-----------------------------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|-----------------|--|--|--|--|--|----|---|---|--|--------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|--------------|--|--|--|--|-----------------------|--|--|--|--|----------------|--|--|--|--|---------|----|----|----|----|-----------|----|----|----|----|-------------|----|----|----|----|-----------|--|---|---|--|-------|--|--|--|--|---------------|--|--|--|--|------------|---|--|--|--|--------|---|---|---|--|---------------|---|---|---|--|-------------|--|--|--|--|------------------------|--|--|--|--|-----------------|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|-----------|----|----|----|----|-----------------|--|--|--|--|
| Proyecto:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             | CHRISTIAN PIZARRO                        |                        | Nivel:      |                          | NV 345                    |       | Nombre:            |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Mapeado por:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             | CHRISTIAN PIZARRO                        |                        | Galería:    |                          | ACCESO ES-30-31           |       | Ubicación:         |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Fecha:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |             | 1/12/2020                                |                        | Galería:    |                          | ACCESO ES-30-31           |       | Tamaño:            |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |                                          |                        |             |                          |                           |       | 10 MTS             |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| CARACTERIZACIÓN MACIZO ROCOSO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |             |                                          |                        |             |                          |                           |       |                    |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| BRECHA SKARN MAGNETITA EN TOBA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |                                          |                        |             |                          |                           |       |                    |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Litología:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |             |                                          |                        |             |                          |                           |       |                    |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Resistencia</th> <th colspan="3">Rango aprox. UCS [MPa]</th> <th colspan="3">Meteorización</th> <th colspan="3">Condición de agua</th> <th colspan="3">Efecto tronadura</th> </tr> <tr> <th>Grado</th> <th>Descripción</th> <th>ID Terreno</th> <th>Ext. débil</th> <th>Ext. fuerte</th> <th>Ext. muy fuerte</th> <th>Término</th> <th>Grado</th> <th>Completamente seco</th> <th>Humedo</th> <th>Mojado</th> <th>Flujo</th> <th>Flujo extremo</th> <th>Nivel de daños</th> <th>Extremos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>R1</td> <td>Muy débil</td> <td>Escarbada por la uña</td> <td>0.25 - 1</td> <td></td> <td></td> <td>Roca fresca</td> <td>I</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Ligeros</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>R2</td> <td>Debil</td> <td>Escarbada con cortapuntas con dificultad</td> <td>1 - 5</td> <td></td> <td></td> <td>Levemente meteorizada</td> <td>II</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Moderados</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R3</td> <td>Med. Fuerte</td> <td>Fracturada con un solo golpe firme</td> <td>5 - 25</td> <td>X</td> <td></td> <td>Moderadamente meteorizada</td> <td>III</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Fuertes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R4</td> <td>Fuerte</td> <td>Más de un golpe para ser fracturada</td> <td>25 - 50</td> <td></td> <td></td> <td>Muy meteorizada</td> <td>IV</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Severos</td> <td></td> </tr> <tr> <td>R5</td> <td>Muy Fuerte</td> <td>Muchos golpes para ser fracturada</td> <td>50 - 100</td> <td></td> <td></td> <td>Completamente meteorizada</td> <td>V</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>R6</td> <td>Ext. fuerte</td> <td>Astillas con muchos golpes de martillo</td> <td>100 - 250</td> <td></td> <td></td> <td>Suelo residual</td> <td>VI</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |                                          |                        |             |                          |                           |       |                    |                   | Resistencia                                             |       |                  | Rango aprox. UCS [MPa] |          |                       | Meteorización |  |  | Condición de agua |            |  | Efecto tronadura |  |  | Grado             | Descripción | ID Terreno | Ext. débil | Ext. fuerte | Ext. muy fuerte | Término | Grado | Completamente seco | Humedo | Mojado        | Flujo | Flujo extremo | Nivel de daños | Extremos | R1      | Muy débil | Escarbada por la uña | 0.25 - 1 |  |       | Roca fresca | I |   | X |                               |  |  | Ligeros | X | R2      | Debil | Escarbada con cortapuntas con dificultad | 1 - 5 |  |          | Levemente meteorizada | II |  |  |                                                   |  |  | Moderados |  | R3         | Med. Fuerte | Fracturada con un solo golpe firme | 5 - 25 | X |             | Moderadamente meteorizada | III | X |  |                                                     |  |  | Fuertes |  | R4                 | Fuerte | Más de un golpe para ser fracturada | 25 - 50 |  |                          | Muy meteorizada | IV |  |  |          |  |  | Severos |  | R5      | Muy Fuerte | Muchos golpes para ser fracturada | 50 - 100 |    |           | Completamente meteorizada | V  |    |    |                                               |  |  |  |  | R6      | Ext. fuerte | Astillas con muchos golpes de martillo | 100 - 250 |  |        | Suelo residual | VI |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Resistencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |                                          | Rango aprox. UCS [MPa] |             |                          | Meteorización             |       |                    | Condición de agua |                                                         |       | Efecto tronadura |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Grado                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Descripción | ID Terreno                               | Ext. débil             | Ext. fuerte | Ext. muy fuerte          | Término                   | Grado | Completamente seco | Humedo            | Mojado                                                  | Flujo | Flujo extremo    | Nivel de daños         | Extremos |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| R1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Muy débil   | Escarbada por la uña                     | 0.25 - 1               |             |                          | Roca fresca               | I     |                    | X                 |                                                         |       |                  | Ligeros                | X        |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| R2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Debil       | Escarbada con cortapuntas con dificultad | 1 - 5                  |             |                          | Levemente meteorizada     | II    |                    |                   |                                                         |       |                  | Moderados              |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| R3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Med. Fuerte | Fracturada con un solo golpe firme       | 5 - 25                 | X           |                          | Moderadamente meteorizada | III   | X                  |                   |                                                         |       |                  | Fuertes                |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| R4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Fuerte      | Más de un golpe para ser fracturada      | 25 - 50                |             |                          | Muy meteorizada           | IV    |                    |                   |                                                         |       |                  | Severos                |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| R5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Muy Fuerte  | Muchos golpes para ser fracturada        | 50 - 100               |             |                          | Completamente meteorizada | V     |                    |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| R6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Ext. fuerte | Astillas con muchos golpes de martillo   | 100 - 250              |             |                          | Suelo residual            | VI    |                    |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| CARACTERIZACIÓN DE SETS ESTRUCTURALES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |                                          |                        |             |                          |                           |       |                    |                   |                                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Orientación de sets estructurales (Dip / Dip Direction)</th> <th colspan="5">Rugosidad gran escala</th> <th colspan="5">Alteración</th> </tr> <tr> <th>Dip Direction [°]</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> <th>S4</th> <th>Categoría</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> <th>S4</th> <th>Bien trabados</th> <th>S1</th> <th>S2</th> <th>S3</th> <th>S4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dip [°]</td> <td>269</td> <td>160</td> <td>243</td> <td></td> <td>Plana</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>No alterados, patinas locales</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dip [°]</td> <td>90</td> <td>58</td> <td>62</td> <td></td> <td>Ondulosa</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Ligeramente alterados, patinas que no se ablandan</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Set random</td> <td>SI</td> <td>NO</td> <td></td> <td></td> <td>Discontinua</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Patinas limo arenosas, poca arcilla, no se ablandan</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Tipo de estructura</td> <td colspan="5">Rugosidad pequeña escala</td> <td colspan="5">Rellenos</td> </tr> <tr> <td>Vetilla</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Rellenos que no se ablandan, espesor &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diadema</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Pulida</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Rellenos que se ablandan, espesor &lt; 5 [mm]</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vetilla fallada</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Suave</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Rellenos expansivos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vetilla fallada</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Rugosa</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Rellenos gruesos &gt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Otro (nombrar)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Discontinuidad rellena</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5">Apertura</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Frecuencia de fracturas por metro</td> <td colspan="5">Rugosidad gran escala</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>FF/m</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Sin relleno</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> </tr> <tr> <td></td> <td>12</td> <td>5</td> <td>4</td> <td></td> <td>Pulida</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Duro &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Persistencia</td> <td colspan="5">Rugosidad gran escala</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1 [m]</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Duro &gt; 5 [mm]</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 - 3 [m]</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Suave</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Blando &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 - 10 [m]</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Rugosa</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Blando &gt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10 - 20 [m]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Discontinuidad rellena</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5">Apertura</td> </tr> <tr> <td>&gt; 20 [m]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>&lt; 0.1 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Frecuencia de fracturas por metro</td> <td colspan="5">Rugosidad gran escala</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>FF/m</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>0.1 - 1.0 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>12</td> <td>5</td> <td>4</td> <td></td> <td>Pulida</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1 - 5 [mm]</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Persistencia</td> <td colspan="5">Rugosidad gran escala</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1 [m]</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>&gt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1 - 3 [m]</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Suave</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>3 - 10 [m]</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Rugosa</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Sin relleno</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> </tr> <tr> <td>10 - 20 [m]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Discontinuidad rellena</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Duro &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt; 20 [m]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Duro &gt; 5 [mm]</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Frecuencia de fracturas por metro</td> <td colspan="5">Rugosidad gran escala</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>FF/m</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Blando &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>12</td> <td>5</td> <td>4</td> <td></td> <td>Pulida</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Blando &gt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Persistencia</td> <td colspan="5">Rugosidad gran escala</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1 [m]</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>1 - 3 [m]</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Suave</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Sin relleno</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> </tr> <tr> <td>3 - 10 [m]</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Rugosa</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Duro &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10 - 20 [m]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Discontinuidad rellena</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Duro &gt; 5 [mm]</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt; 20 [m]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Blando &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">Frecuencia de fracturas por metro</td> <td colspan="5">Rugosidad gran escala</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>FF/m</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Blando &gt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>12</td> <td>5</td> <td>4</td> <td></td> <td>Pulida</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td colspan="5">Persistencia</td> <td colspan="5">Rugosidad gran escala</td> <td colspan="5">Relleno - Tipo</td> </tr> <tr> <td>&lt; 1 [m]</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Sin relleno</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> </tr> <tr> <td>1 - 3 [m]</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Suave</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Duro &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3 - 10 [m]</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Rugosa</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>Duro &gt; 5 [mm]</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10 - 20 [m]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Discontinuidad rellena</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Blando &lt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>&gt; 20 [m]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Categoría</td> <td>S1</td> <td>S2</td> <td>S3</td> <td>S4</td> <td>Blando &gt; 5 [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |             |                                          |                        |             |                          |                           |       |                    |                   | Orientación de sets estructurales (Dip / Dip Direction) |       |                  |                        |          | Rugosidad gran escala |               |  |  |                   | Alteración |  |                  |  |  | Dip Direction [°] | S1          | S2         | S3         | S4          | Categoría       | S1      | S2    | S3                 | S4     | Bien trabados | S1    | S2            | S3             | S4       | Dip [°] | 269       | 160                  | 243      |  | Plana | X           | X | X |   | No alterados, patinas locales |  |  |         |   | Dip [°] | 90    | 58                                       | 62    |  | Ondulosa |                       |    |  |  | Ligeramente alterados, patinas que no se ablandan |  |  |           |  | Set random | SI          | NO                                 |        |   | Discontinua |                           |     |   |  | Patinas limo arenosas, poca arcilla, no se ablandan |  |  |         |  | Tipo de estructura |        |                                     |         |  | Rugosidad pequeña escala |                 |    |  |  | Rellenos |  |  |         |  | Vetilla | S1         | S2                                | S3       | S4 | Categoría | S1                        | S2 | S3 | S4 | Rellenos que no se ablandan, espesor < 5 [mm] |  |  |  |  | Diadema | X           | X                                      | X         |  | Pulida |                |    |  |  | Rellenos que se ablandan, espesor < 5 [mm] | X | X | X |  | Vetilla fallada |  |  |  |  | Suave |  |  |  |  | Rellenos expansivos |  |  |  |  | Vetilla fallada |  |  |  |  | Rugosa | X | X | X |  | Rellenos gruesos > 5 [mm] |  |  |  |  | Otro (nombrar) |  |  |  |  | Discontinuidad rellena |  |  |  |  | Apertura |  |  |  |  | Frecuencia de fracturas por metro |  |  |  |  | Rugosidad gran escala |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | FF/m | S1 | S2 | S3 | S4 | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Sin relleno | S1 | S2 | S3 | S4 |  | 12 | 5 | 4 |  | Pulida |  |  |  |  | Duro < 5 [mm] |  |  |  |  | Persistencia |  |  |  |  | Rugosidad gran escala |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | < 1 [m] | S1 | S2 | S3 | S4 | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Duro > 5 [mm] | X | X | X |  | 1 - 3 [m] |  | X | X |  | Suave |  |  |  |  | Blando < 5 [mm] |  |  |  |  | 3 - 10 [m] | X |  |  |  | Rugosa | X | X | X |  | Blando > 5 [mm] |  |  |  |  | 10 - 20 [m] |  |  |  |  | Discontinuidad rellena |  |  |  |  | Apertura |  |  |  |  | > 20 [m] |  |  |  |  | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | < 0.1 [mm] |  |  |  |  | Frecuencia de fracturas por metro |  |  |  |  | Rugosidad gran escala |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | FF/m | S1 | S2 | S3 | S4 | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | 0.1 - 1.0 [mm] |  |  |  |  |  | 12 | 5 | 4 |  | Pulida |  |  |  |  | 1 - 5 [mm] | X | X | X |  | Persistencia |  |  |  |  | Rugosidad gran escala |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | < 1 [m] | S1 | S2 | S3 | S4 | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | > 5 [mm] |  |  |  |  | 1 - 3 [m] |  | X | X |  | Suave |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | 3 - 10 [m] | X |  |  |  | Rugosa | X | X | X |  | Sin relleno | S1 | S2 | S3 | S4 | 10 - 20 [m] |  |  |  |  | Discontinuidad rellena |  |  |  |  | Duro < 5 [mm] |  |  |  |  | > 20 [m] |  |  |  |  | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Duro > 5 [mm] | X | X | X |  | Frecuencia de fracturas por metro |  |  |  |  | Rugosidad gran escala |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | FF/m | S1 | S2 | S3 | S4 | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Blando < 5 [mm] |  |  |  |  |  | 12 | 5 | 4 |  | Pulida |  |  |  |  | Blando > 5 [mm] |  |  |  |  | Persistencia |  |  |  |  | Rugosidad gran escala |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | < 1 [m] | S1 | S2 | S3 | S4 | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Relleno - Tipo |  |  |  |  | 1 - 3 [m] |  | X | X |  | Suave |  |  |  |  | Sin relleno | S1 | S2 | S3 | S4 | 3 - 10 [m] | X |  |  |  | Rugosa | X | X | X |  | Duro < 5 [mm] |  |  |  |  | 10 - 20 [m] |  |  |  |  | Discontinuidad rellena |  |  |  |  | Duro > 5 [mm] | X | X | X |  | > 20 [m] |  |  |  |  | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Blando < 5 [mm] |  |  |  |  | Frecuencia de fracturas por metro |  |  |  |  | Rugosidad gran escala |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | FF/m | S1 | S2 | S3 | S4 | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Blando > 5 [mm] |  |  |  |  |  | 12 | 5 | 4 |  | Pulida |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | Persistencia |  |  |  |  | Rugosidad gran escala |  |  |  |  | Relleno - Tipo |  |  |  |  | < 1 [m] | S1 | S2 | S3 | S4 | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Sin relleno | S1 | S2 | S3 | S4 | 1 - 3 [m] |  | X | X |  | Suave |  |  |  |  | Duro < 5 [mm] |  |  |  |  | 3 - 10 [m] | X |  |  |  | Rugosa | X | X | X |  | Duro > 5 [mm] | X | X | X |  | 10 - 20 [m] |  |  |  |  | Discontinuidad rellena |  |  |  |  | Blando < 5 [mm] |  |  |  |  | > 20 [m] |  |  |  |  | Categoría | S1 | S2 | S3 | S4 | Blando > 5 [mm] |  |  |  |  |
| Orientación de sets estructurales (Dip / Dip Direction)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Alteración                                              |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Dip Direction [°]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Bien trabados                                           | S1    | S2               | S3                     | S4       |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Dip [°]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 269         | 160                                      | 243                    |             | Plana                    | X                         | X     | X                  |                   | No alterados, patinas locales                           |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Dip [°]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 90          | 58                                       | 62                     |             | Ondulosa                 |                           |       |                    |                   | Ligeramente alterados, patinas que no se ablandan       |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Set random                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | SI          | NO                                       |                        |             | Discontinua              |                           |       |                    |                   | Patinas limo arenosas, poca arcilla, no se ablandan     |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Tipo de estructura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                                          |                        |             | Rugosidad pequeña escala |                           |       |                    |                   | Rellenos                                                |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Vetilla                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Rellenos que no se ablandan, espesor < 5 [mm]           |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Diadema                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | X           | X                                        | X                      |             | Pulida                   |                           |       |                    |                   | Rellenos que se ablandan, espesor < 5 [mm]              | X     | X                | X                      |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Vetilla fallada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |                                          |                        |             | Suave                    |                           |       |                    |                   | Rellenos expansivos                                     |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Vetilla fallada                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             |                                          |                        |             | Rugosa                   | X                         | X     | X                  |                   | Rellenos gruesos > 5 [mm]                               |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Otro (nombrar)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |             |                                          |                        |             | Discontinuidad rellena   |                           |       |                    |                   | Apertura                                                |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Frecuencia de fracturas por metro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| FF/m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Sin relleno                                             | S1    | S2               | S3                     | S4       |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 12          | 5                                        | 4                      |             | Pulida                   |                           |       |                    |                   | Duro < 5 [mm]                                           |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Persistencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| < 1 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Duro > 5 [mm]                                           | X     | X                | X                      |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 1 - 3 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             | X                                        | X                      |             | Suave                    |                           |       |                    |                   | Blando < 5 [mm]                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 3 - 10 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | X           |                                          |                        |             | Rugosa                   | X                         | X     | X                  |                   | Blando > 5 [mm]                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 10 - 20 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |                                          |                        |             | Discontinuidad rellena   |                           |       |                    |                   | Apertura                                                |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| > 20 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |                                          |                        |             | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | < 0.1 [mm]                                              |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Frecuencia de fracturas por metro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| FF/m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | 0.1 - 1.0 [mm]                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 12          | 5                                        | 4                      |             | Pulida                   |                           |       |                    |                   | 1 - 5 [mm]                                              | X     | X                | X                      |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Persistencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| < 1 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | > 5 [mm]                                                |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 1 - 3 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             | X                                        | X                      |             | Suave                    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 3 - 10 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | X           |                                          |                        |             | Rugosa                   | X                         | X     | X                  |                   | Sin relleno                                             | S1    | S2               | S3                     | S4       |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 10 - 20 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |                                          |                        |             | Discontinuidad rellena   |                           |       |                    |                   | Duro < 5 [mm]                                           |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| > 20 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |                                          |                        |             | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Duro > 5 [mm]                                           | X     | X                | X                      |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Frecuencia de fracturas por metro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| FF/m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Blando < 5 [mm]                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 12          | 5                                        | 4                      |             | Pulida                   |                           |       |                    |                   | Blando > 5 [mm]                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Persistencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| < 1 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 1 - 3 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             | X                                        | X                      |             | Suave                    |                           |       |                    |                   | Sin relleno                                             | S1    | S2               | S3                     | S4       |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 3 - 10 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | X           |                                          |                        |             | Rugosa                   | X                         | X     | X                  |                   | Duro < 5 [mm]                                           |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 10 - 20 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |                                          |                        |             | Discontinuidad rellena   |                           |       |                    |                   | Duro > 5 [mm]                                           | X     | X                | X                      |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| > 20 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |                                          |                        |             | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Blando < 5 [mm]                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Frecuencia de fracturas por metro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| FF/m                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Blando > 5 [mm]                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 12          | 5                                        | 4                      |             | Pulida                   |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| Persistencia                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                                          |                        |             | Rugosidad gran escala    |                           |       |                    |                   | Relleno - Tipo                                          |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| < 1 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | S1          | S2                                       | S3                     | S4          | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Sin relleno                                             | S1    | S2               | S3                     | S4       |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 1 - 3 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             | X                                        | X                      |             | Suave                    |                           |       |                    |                   | Duro < 5 [mm]                                           |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 3 - 10 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | X           |                                          |                        |             | Rugosa                   | X                         | X     | X                  |                   | Duro > 5 [mm]                                           | X     | X                | X                      |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| 10 - 20 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |             |                                          |                        |             | Discontinuidad rellena   |                           |       |                    |                   | Blando < 5 [mm]                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |
| > 20 [m]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |             |                                          |                        |             | Categoría                | S1                        | S2    | S3                 | S4                | Blando > 5 [mm]                                         |       |                  |                        |          |                       |               |  |  |                   |            |  |                  |  |  |                   |             |            |            |             |                 |         |       |                    |        |               |       |               |                |          |         |           |                      |          |  |       |             |   |   |   |                               |  |  |         |   |         |       |                                          |       |  |          |                       |    |  |  |                                                   |  |  |           |  |            |             |                                    |        |   |             |                           |     |   |  |                                                     |  |  |         |  |                    |        |                                     |         |  |                          |                 |    |  |  |          |  |  |         |  |         |            |                                   |          |    |           |                           |    |    |    |                                               |  |  |  |  |         |             |                                        |           |  |        |                |    |  |  |                                            |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |       |  |  |  |  |                     |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |        |   |   |   |  |                           |  |  |  |  |                |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |                 |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |          |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |            |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |            |   |   |   |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |          |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |             |    |    |    |    |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |               |   |   |   |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                |  |  |  |  |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |             |    |    |    |    |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |  |  |  |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |               |   |   |   |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |                                   |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |      |    |    |    |    |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |  |    |   |   |  |        |  |  |  |  |                |  |  |  |  |              |  |  |  |  |                       |  |  |  |  |                |  |  |  |  |         |    |    |    |    |           |    |    |    |    |             |    |    |    |    |           |  |   |   |  |       |  |  |  |  |               |  |  |  |  |            |   |  |  |  |        |   |   |   |  |               |   |   |   |  |             |  |  |  |  |                        |  |  |  |  |                 |  |  |  |  |          |  |  |  |  |           |    |    |    |    |                 |  |  |  |  |

Figura 41: Plantilla de Mapeo caracterización (Extraído de Lundin Mining)

### Anexo 3: Procesamiento y Criterios de análisis Utilizados en DIPS

Este anexo presenta de manera sintética los criterios utilizados para el procesamiento, visualización e interpretación de los datos estructurales en el software DIPS 7.0, herramienta fundamental para la definición de los dominios estructurales de la Mina Santos. Los estereogramas y diagramas de roseta incluidos a continuación corresponden a fallas, diques y *joint sets* analizados por zonas, subzonas y unidades litológicas.

#### ❖ Criterios de procesamiento en DIPS

Para todos los análisis se aplicaron procedimientos homogéneos con el fin de asegurar coherencia interpretativa:

##### 1. Representación estereográfica

- Se utilizó la proyección estereográfica de Schmidt, hemisferio inferior.
- Las fallas y *joint* se representaron mediante polos y sus respectivos planos.
- Se aplicaron contornos de densidad (Kamb) para identificar concentraciones estructurales.

##### 2. Identificación de sets estructurales

La determinación de los sets dominantes y secundarios se basó en:

- Máxima densidad de polos (clúster principal → rumbo dominante).
- Clústers secundarios que indican bimodalidad o multimodalidad.
- Separación angular entre familias:
  - $<20^\circ$ : variación interna de un mismo set.
  - $20\text{--}40^\circ$ : subfamilia rotada.
  - $40^\circ$ : set diferente (dominio mixto).

##### 3. Comparación entre fallas y *joint sets*

Para cada zona y subzona se evaluó:

- Consistencia entre rumbo dominante de fallas/diques y *joint sets*.
- Presencia de interferencia estructural NW–NE.
- Zonas donde los *joint* presentan mayor dispersión respecto del fracturamiento mayor.

##### 4. Diagramas de roseta

Se utilizaron para:

- Confirmar direcciones preferenciales detectadas en estereogramas.
- Evaluar la amplitud angular de cada familia estructural.

- Diferenciar dominios monodominantes, bimodales o multimodales.

#### A.2. Productos incluidos en el anexo

En las páginas siguientes se presentan:

- Estereogramas de fallas y diques para cada zona y subzona.
- Estereogramas de *joint sets* asociados a cada sector.
- Gráficos de apoyo generados en Excel (Detección de rumbos - manteos dominantes y frecuencias angulares).

Estos insumos corresponden al respaldo visual del análisis estructural aplicado en la memoria y permiten verificar la metodología utilizada para la definición del dominio estructural de la Mina Santos.

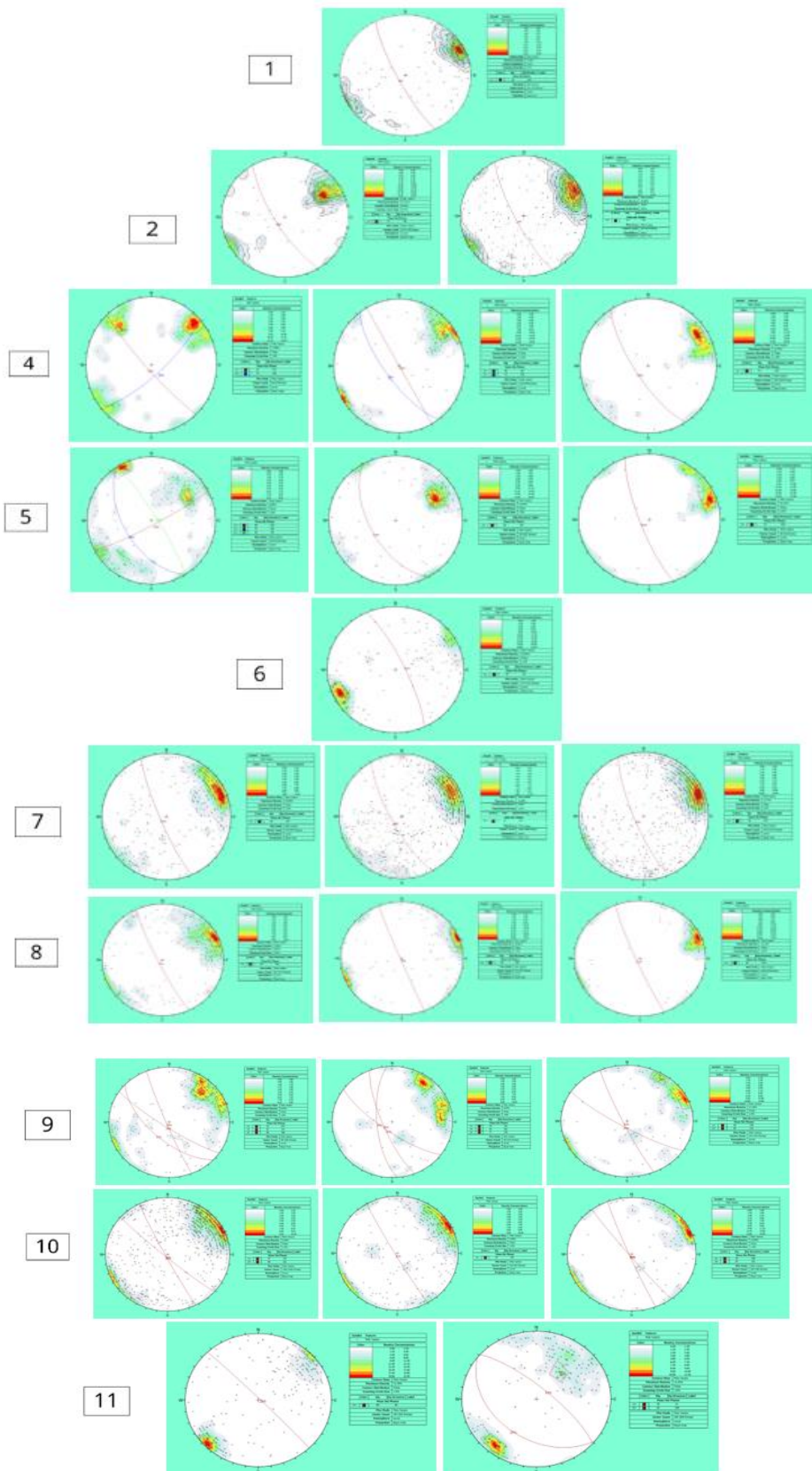


Figura 42: Anexo 3: Estereogramas (Diagrama de Polos), de las zonas y subzonas de F/D.  
(Elaboración propia)

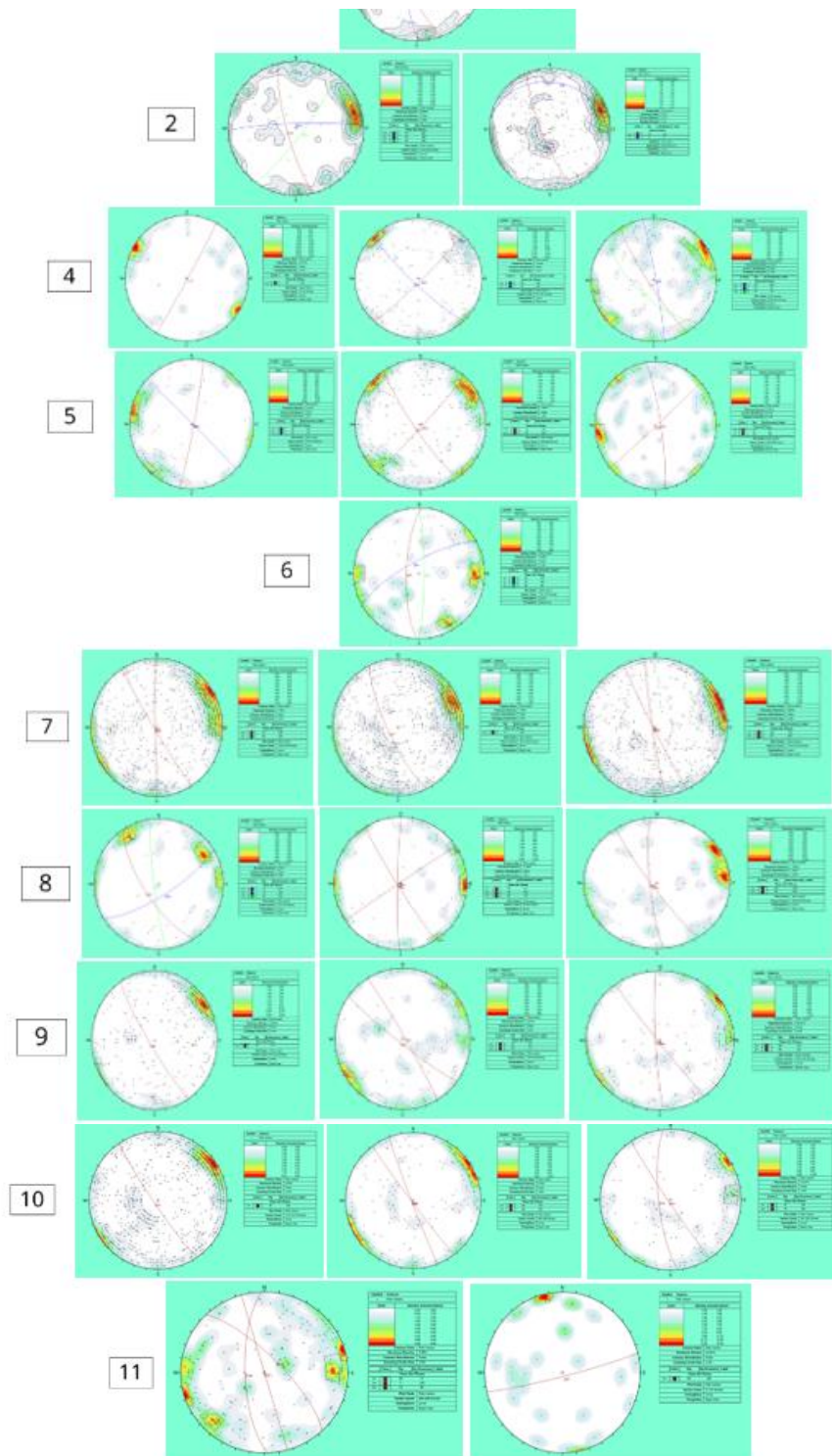


Figura 43: Anexo 3: Estereogramas (Diagrama de Polos), de las zonas y subzonas de Joint Sets.  
(Elaboración propia)

#### Anexo 4: Resultados del método 1:

Gráficos de barra representativos de los valores de rumbos obtenidos en cada zona y subzona del Método 1.

##### Dominio Zona 1

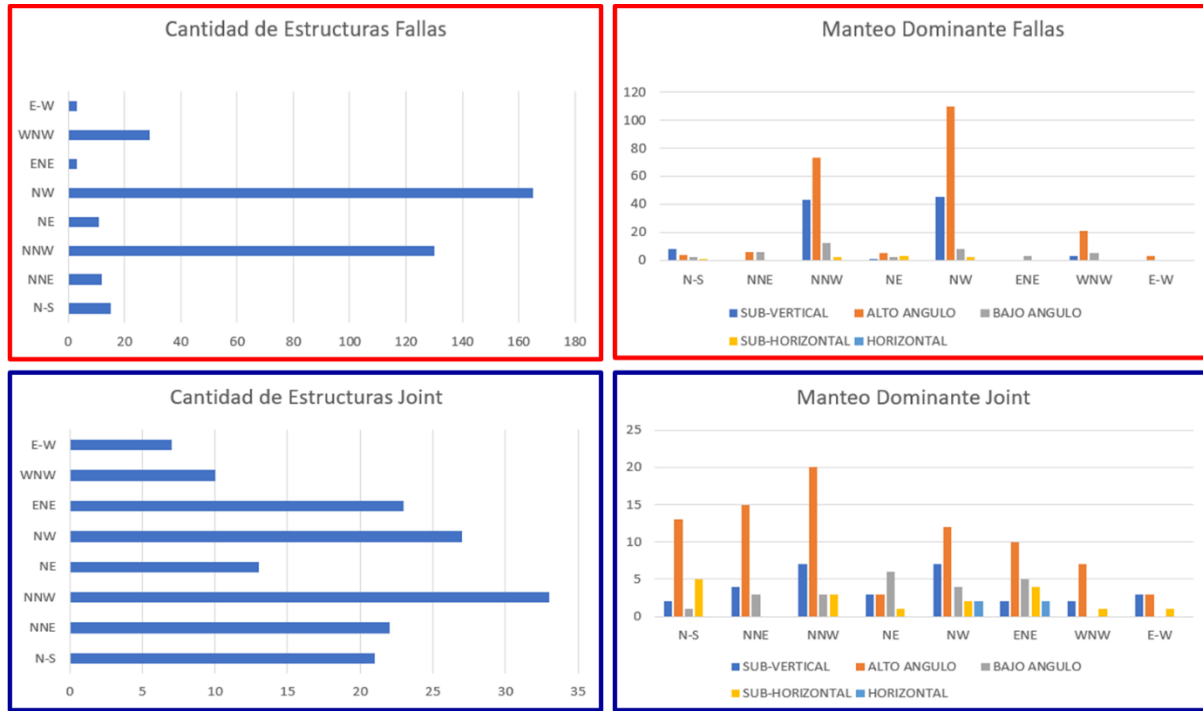


Figura 44: Gráficos de barra demostrando el dominio NNW-NW preferentes de la zona 1, con manteos de alto ángulo, método 1. (Elaboración Propia)

##### Dominio Zona 2A

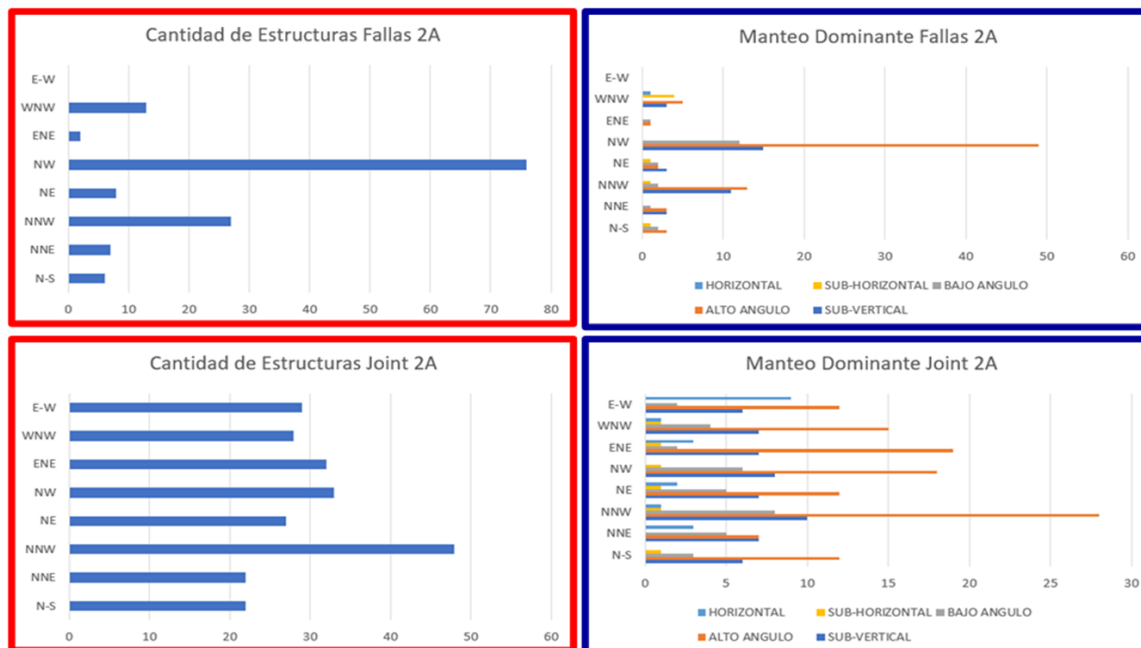


Figura 45: Gráficos de barra que demuestran la gran variabilidad estructural en los joint sets, y manteos de alto ángulo preferentes de la zona 2A, método 1. (Elaboración Propia).

## Dominio Zona 2B

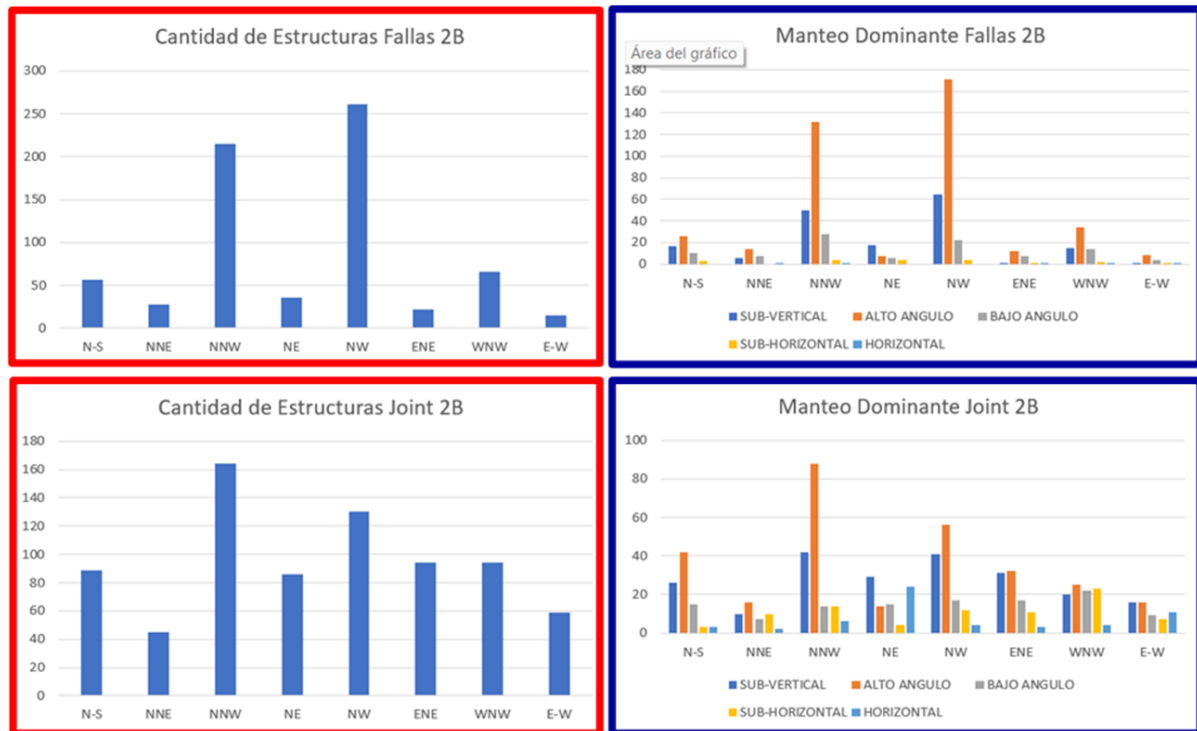


Figura 46: Gráficos de barra demostrando el dominio NNW-NW preferentes de la zona 2B, tanto en FT/DK como en JN, método 1. (Elaboración propia)

## Dominio Zona 4A



Figura 47: Gráficos de barra que muestran claramente el dominio bimodal NW-NE preferentes de la zona 4A, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 4M

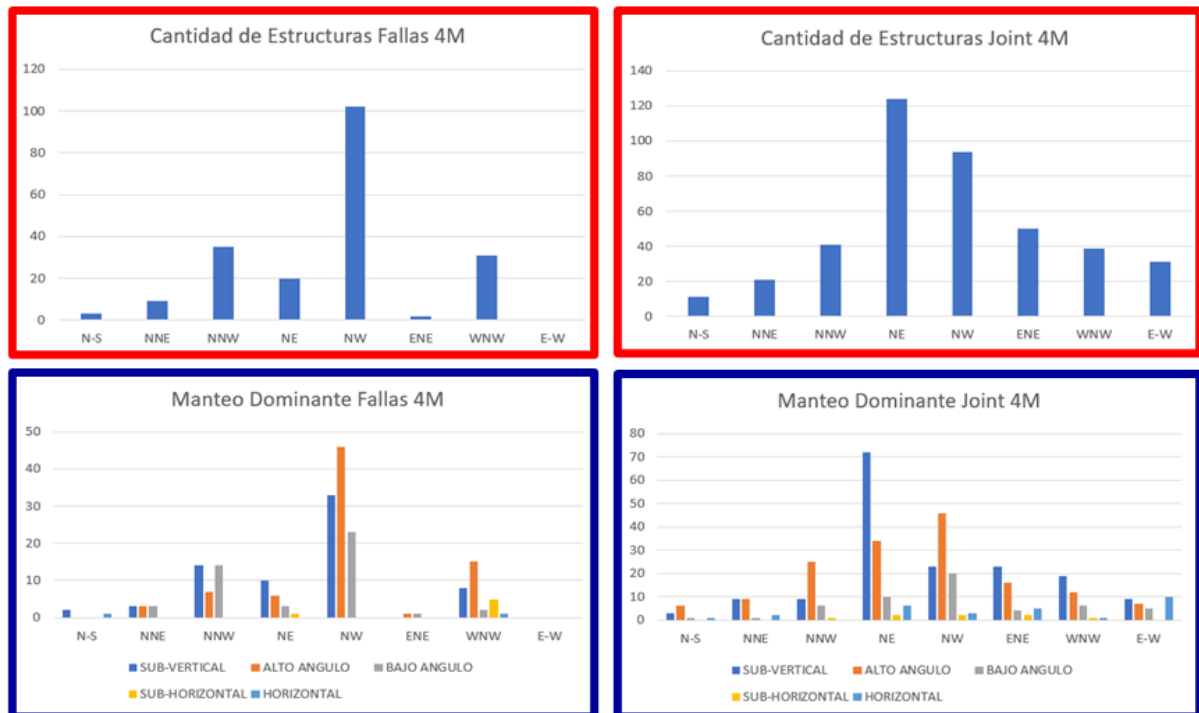


Figura 48: Zona 4M de mayor complejidad estructural de la Mina Santos, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 4B

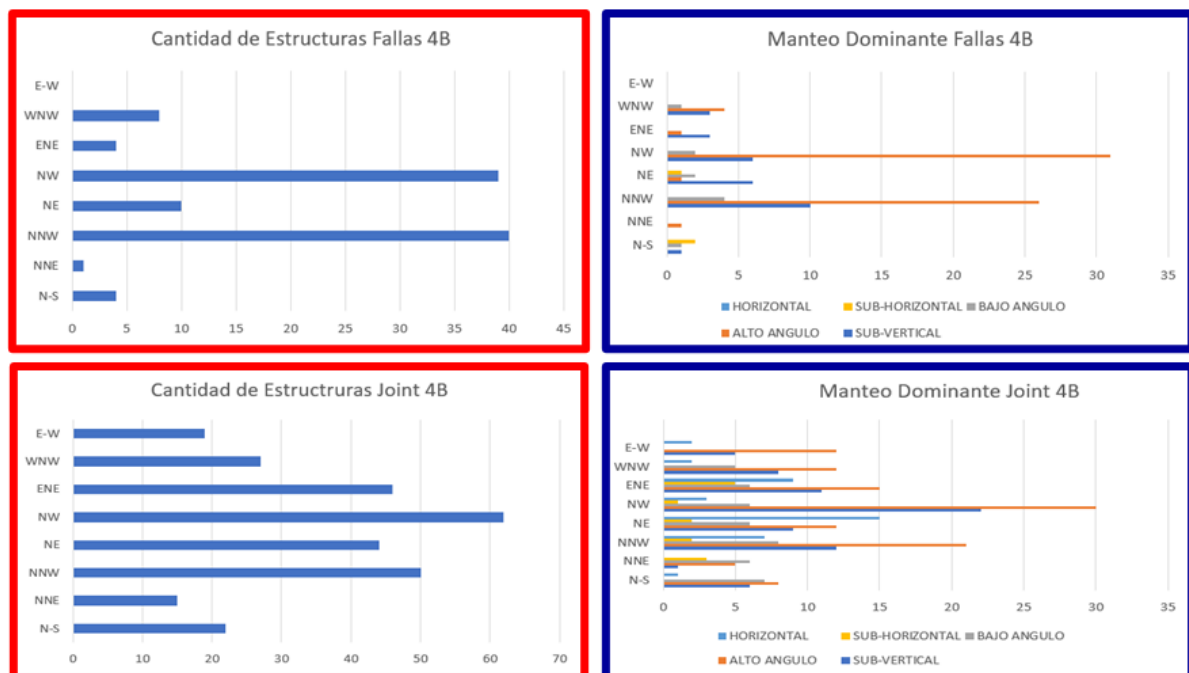


Figura 49: Gráficos que demuestran el retorno al dominio principal NNW-NW preferentes de la zona 4B, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 5A



Figura 50: Domino principal rotado al WNW de la zona 5A, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 5M

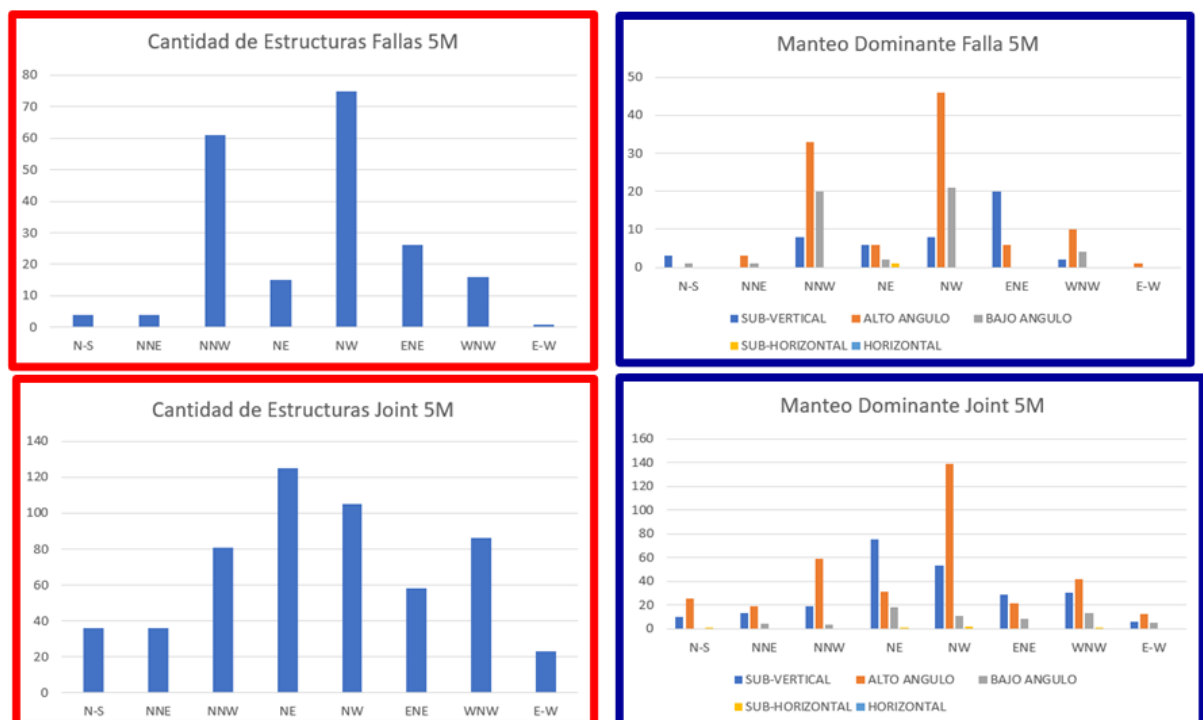


Figura 51: Estructuras preferentes de la zona 5M evidenciando el dominio NNW-NW, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 5B

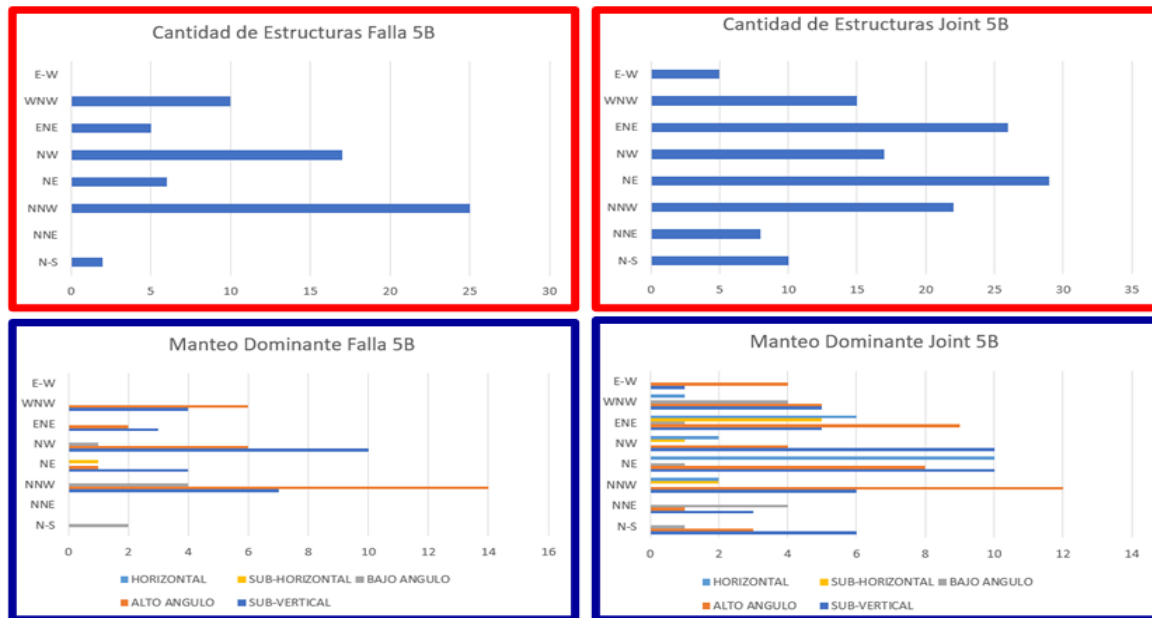


Figura 52: Gran variabilidad de joint sets de la zona 5B, método 1. (Elaboración propia)

## Dominio Zona 6

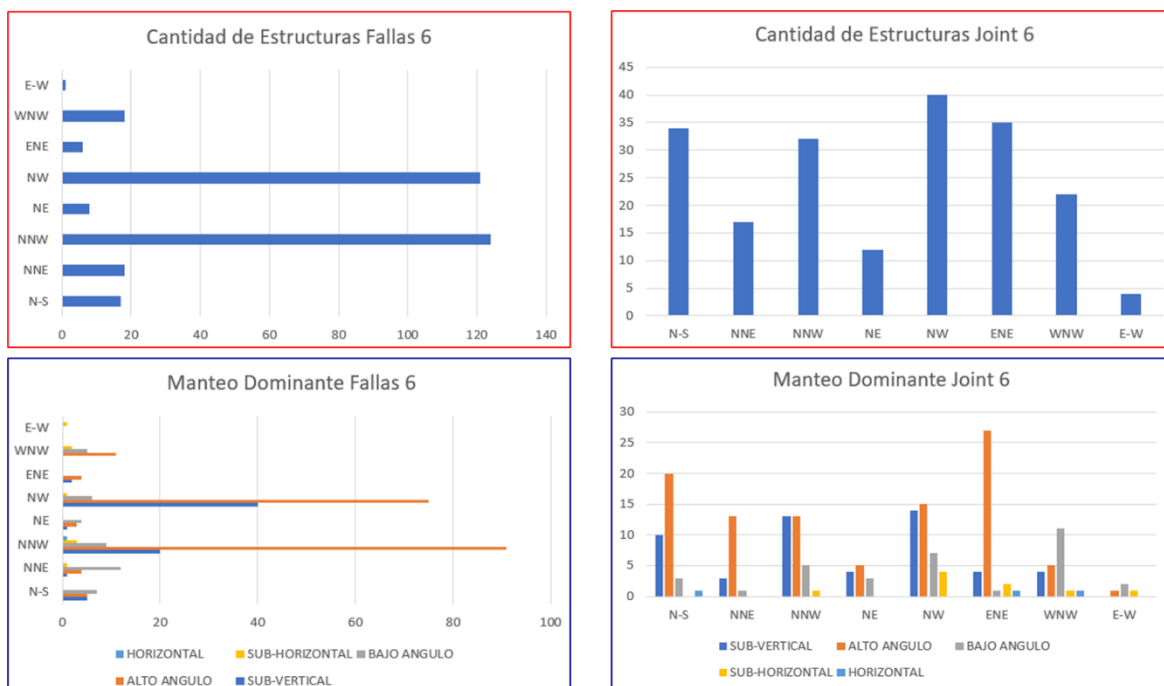


Figura 53: Dominio coherente al dominio regional, y manteos de alto ángulo preferentes de la zona 6, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 7A

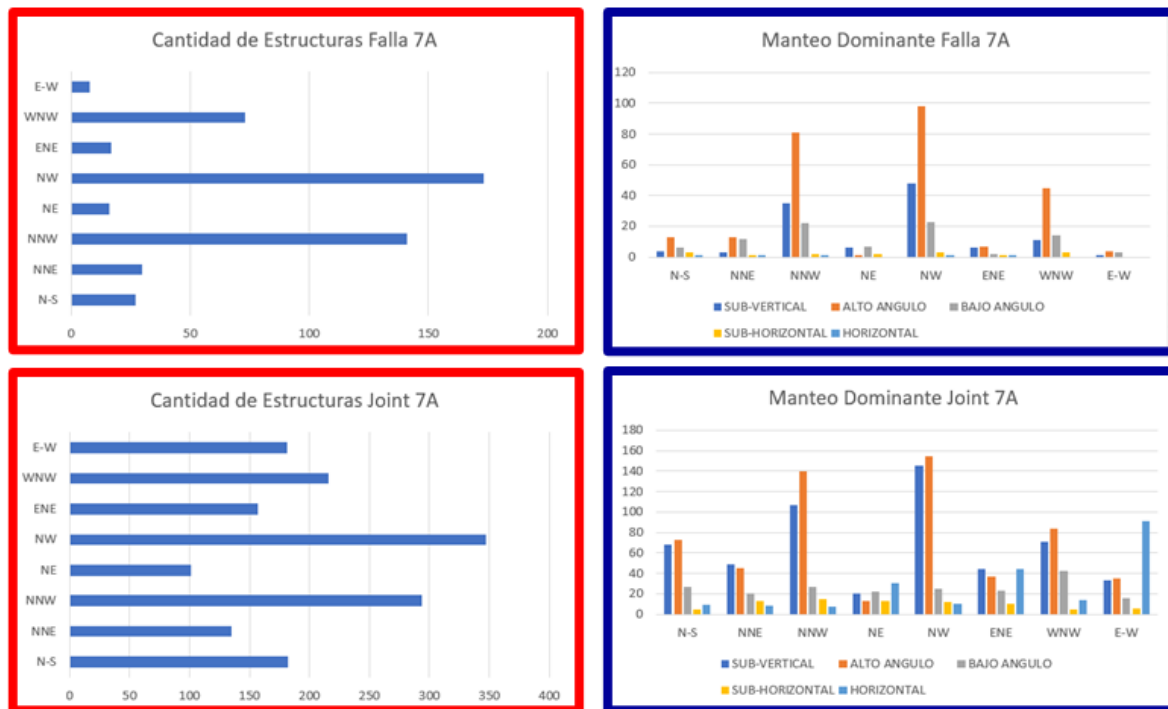


Figura 54: Coherencia entre FT/DK y JN de la zona 7A, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 7M

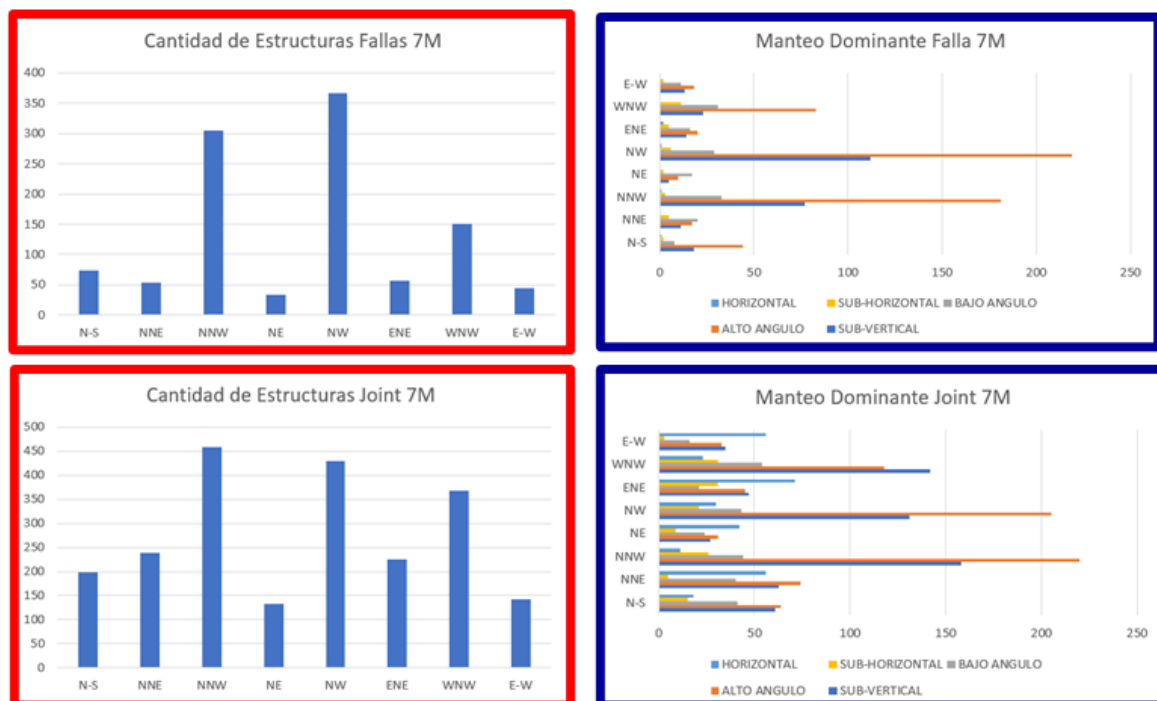


Figura 55: Importancia de las estructuras y manteos preferentes de la zona 7M, debido a que es el corazón de la mina, la cual, demuestra el dominio principal NNW-NW, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 7B



Figura 56: Gráficos de barra sobre la cantidad de estructuras y manteos preferentes de la zona 7B, método 1. (Elaboración propia)

## Dominio Zona 8A



Figura 57: Gráficos de barras que demuestran el dominio regional, con manteos de alto ángulo de la zona 8A, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 8M

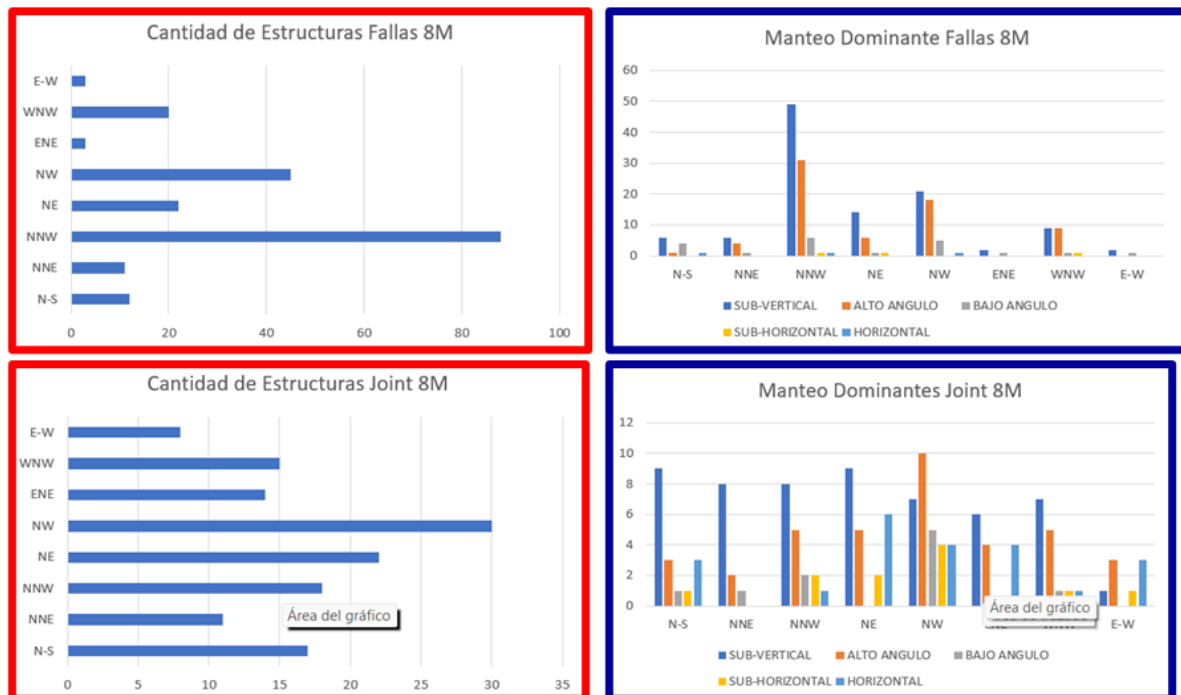


Figura 58: Gráficos de barra sobre la cantidad de estructuras y manteos preferentes de la zona 8M, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 8B

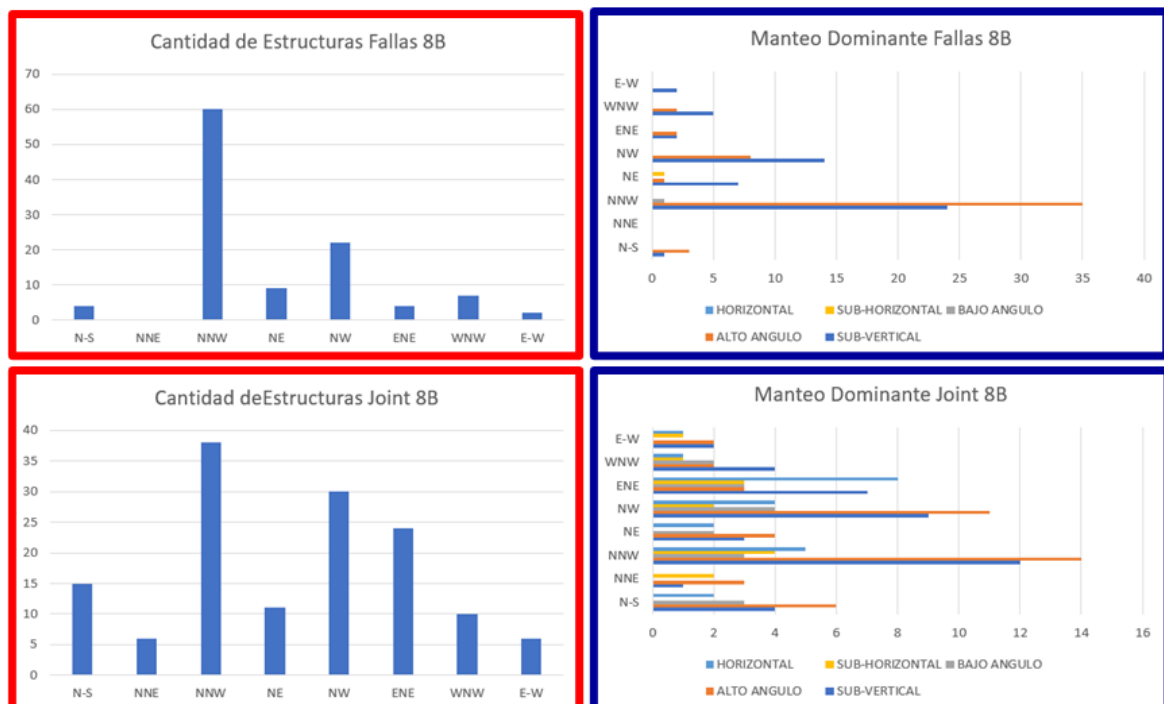


Figura 59: Gráficos de barra evidenciando la mayor variabilidad de manteos de la zona 8B, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 9A

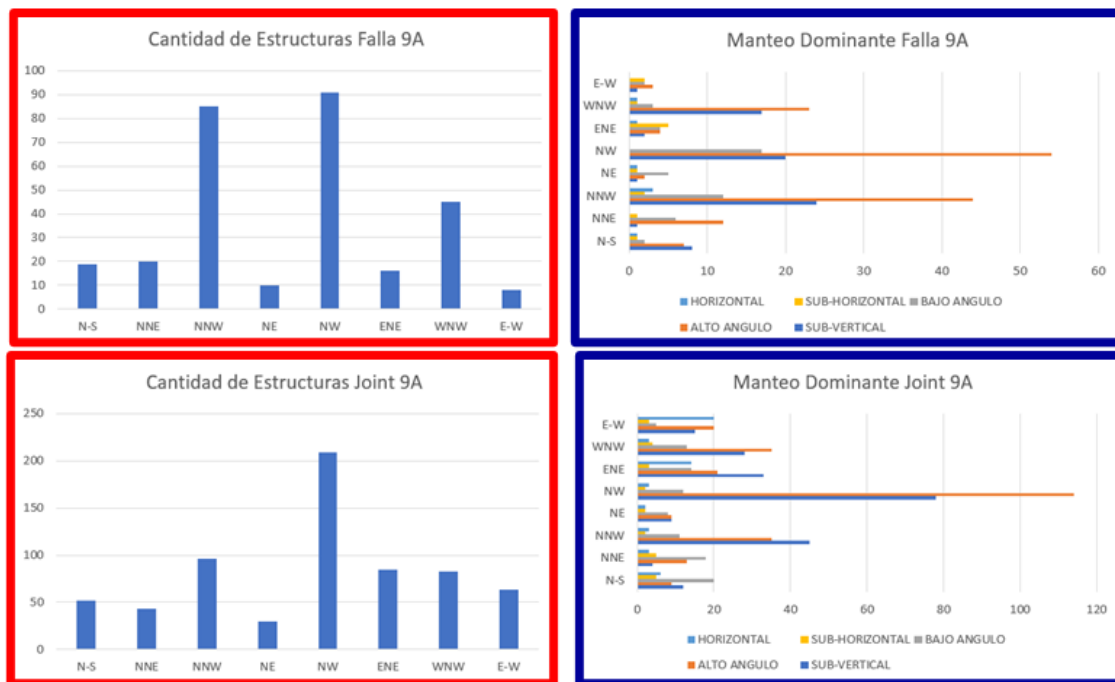


Figura 60: Dominio preferente al NW, con manteos de alto ángulo en la zona 9A, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 9M

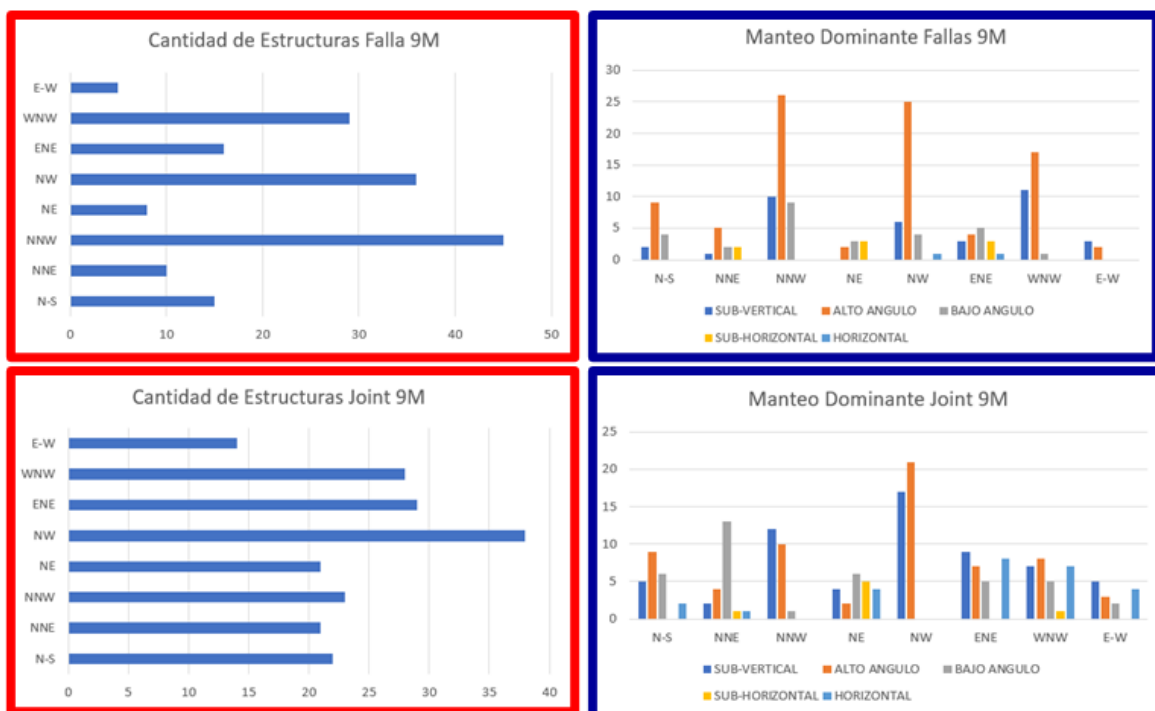


Figura 61: Zonas con gran variabilidad de rumbos, pero con manteos claros de alto ángulo de la zona 9M, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 9B

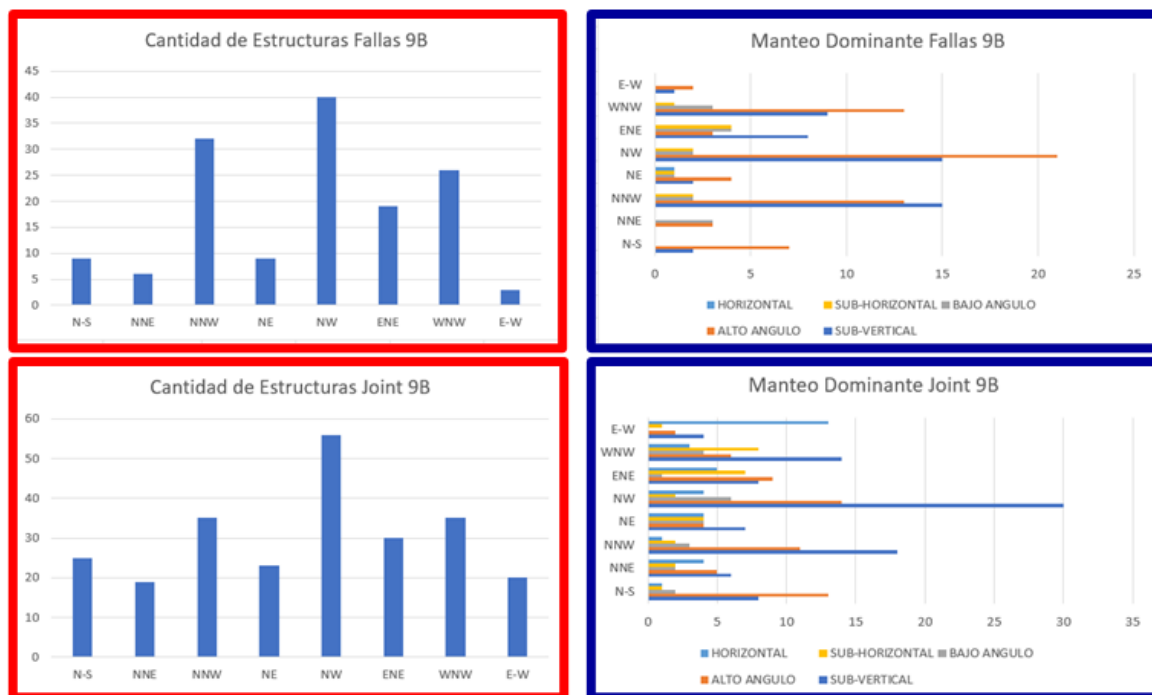


Figura 62: Dominio NNW-NW dominante con pequeña rotación al WNW de la zona 9B, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 10A

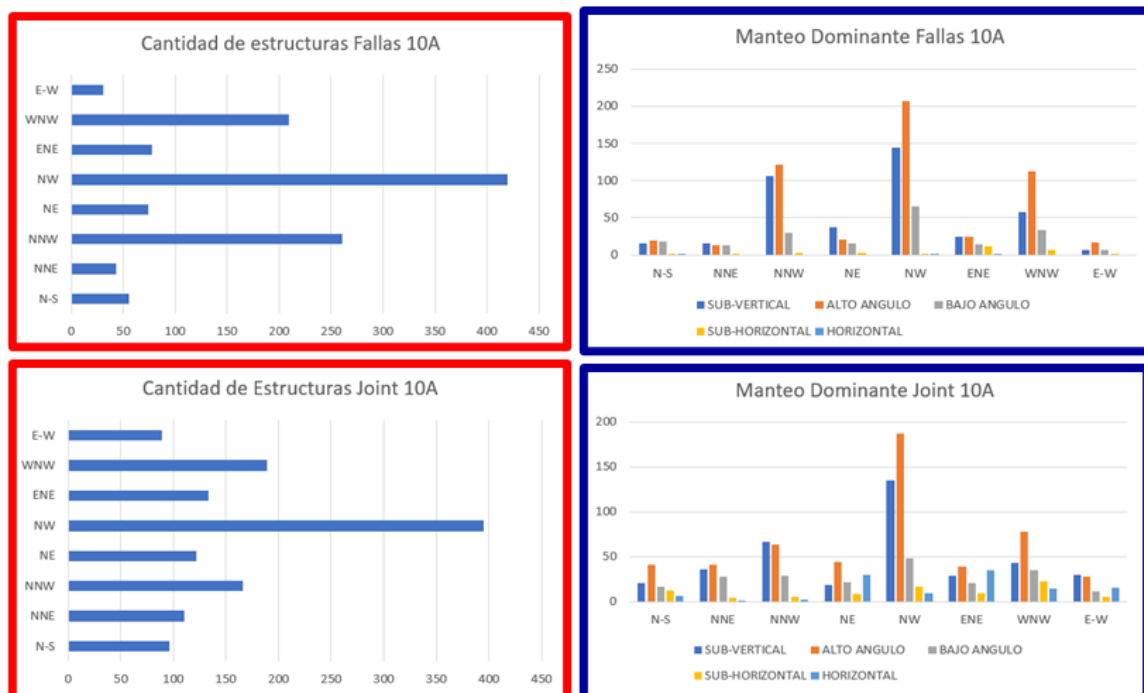


Figura 63: Gráficos de barra que demuestran claramente el dominio NW de la Mina Santos de la zona 10A, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 10M

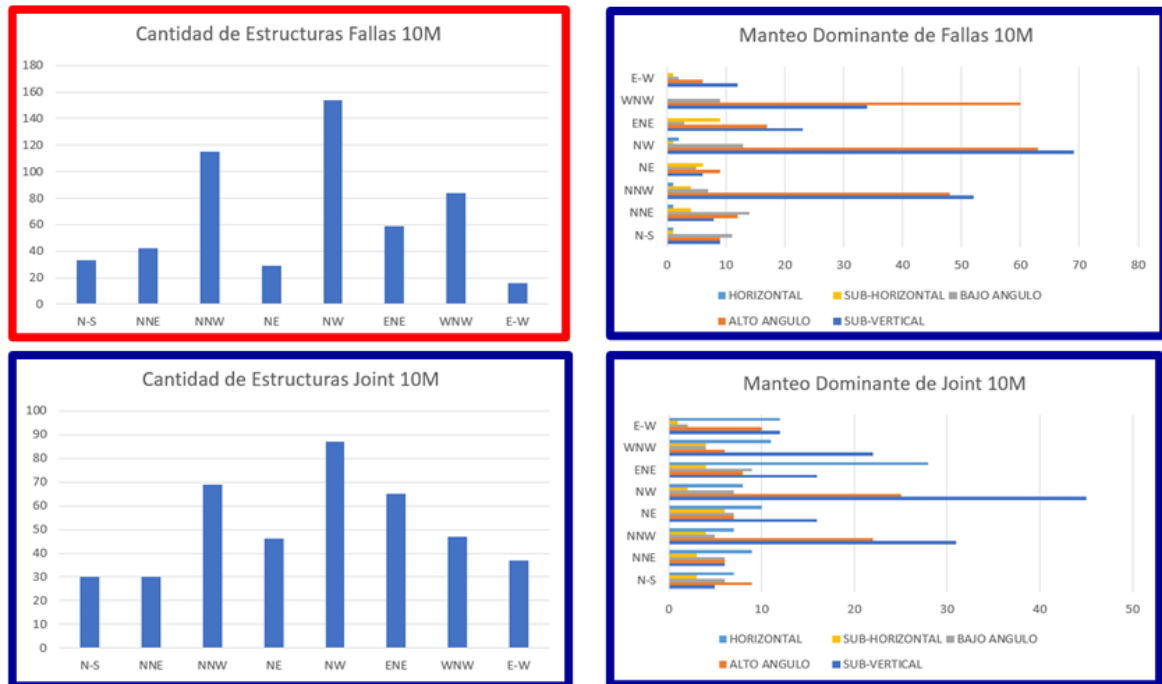


Figura 64: Manteos preferentes sub-verticales y rumbos con variación al W de la zona 10M, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 10B

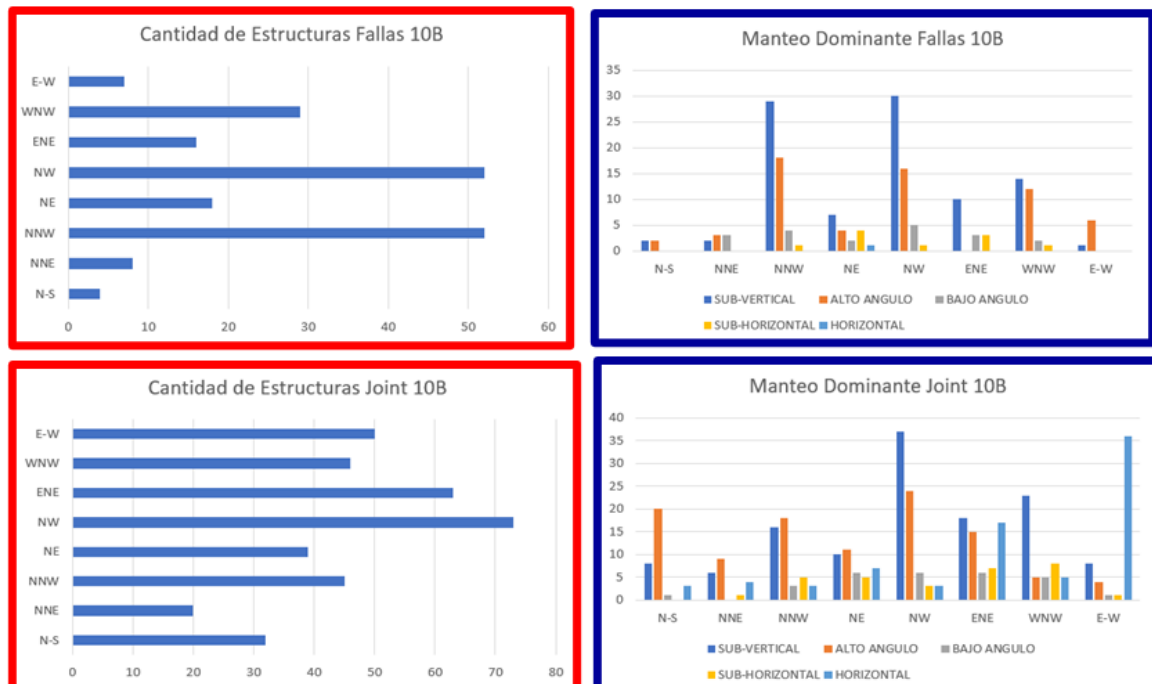


Figura 65: Gráficos de barra sobre la cantidad de estructuras y manteos preferentes de la zona 10B, manifestando mayor variabilidad en los joint sets, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 11A

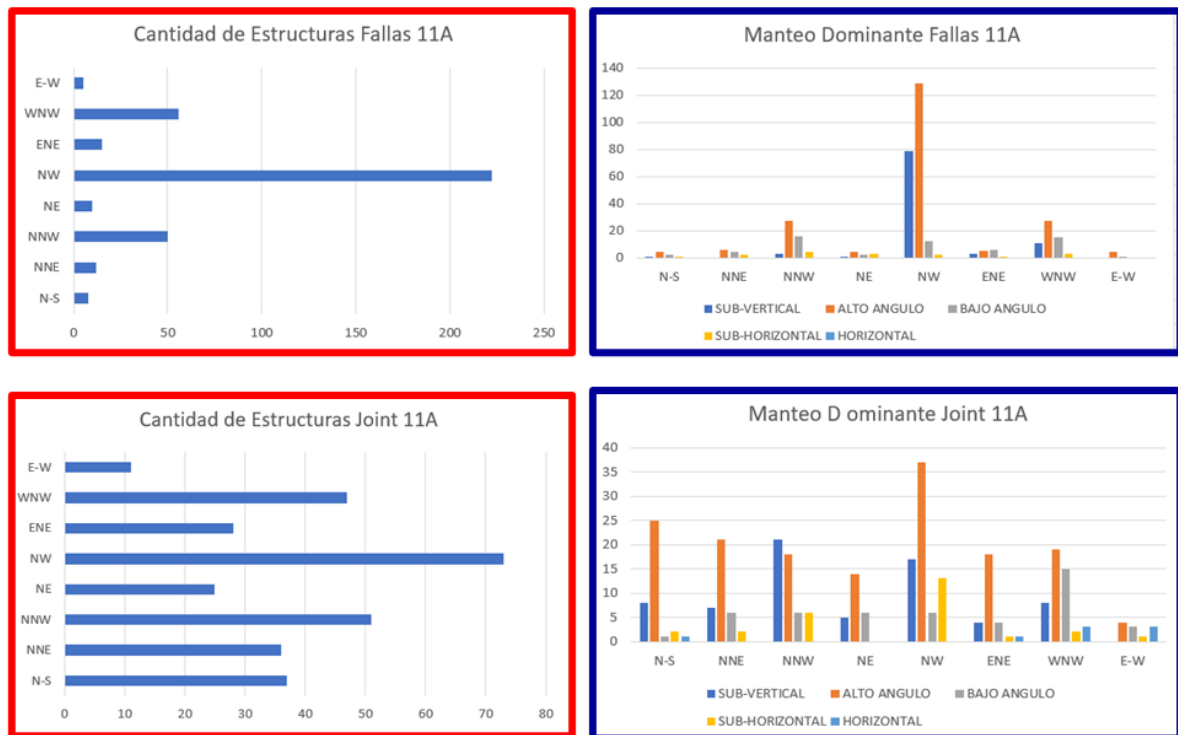


Figura 66: Estructuras N-S y NW dominantes, con manteos preferentes de alto ángulo en la zona 11A, método 1. (Elaboración Propia)

## Dominio Zona 11B

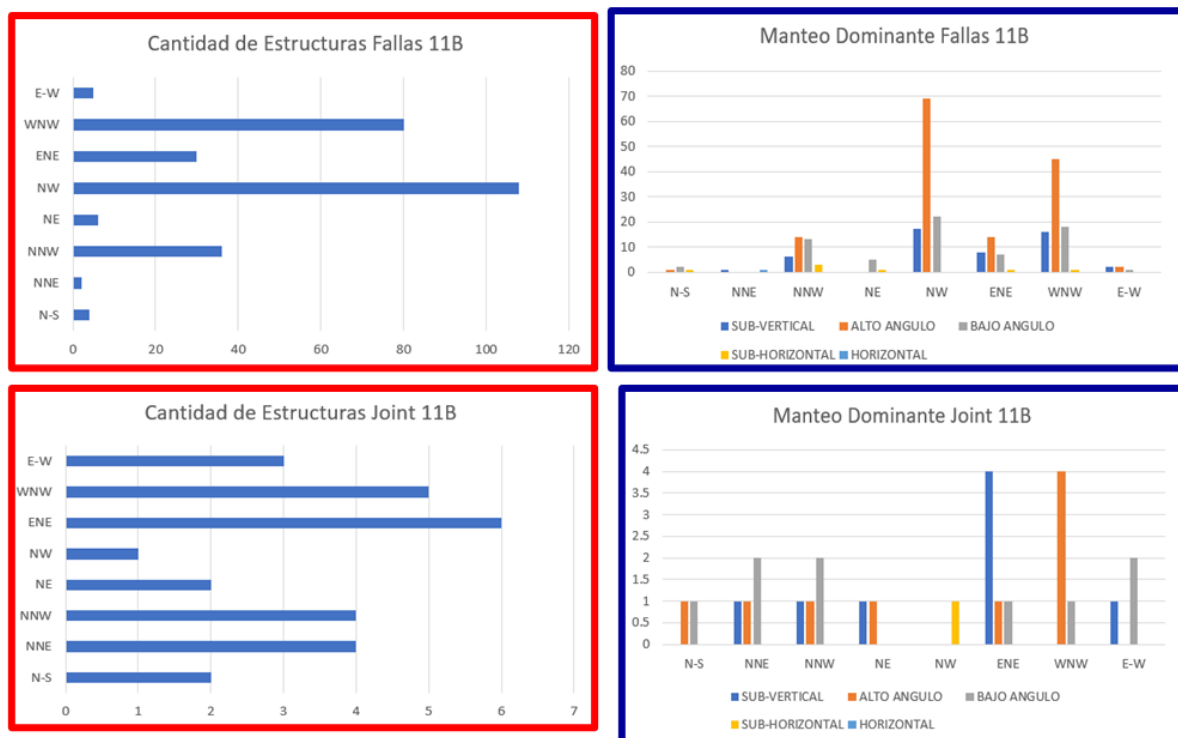


Figura 67: Gráficos de barra que presentan dominios E-W de estructuras y manteos preferentes de alto ángulo en la zona 11B, método 1. (Elaboración Propia)

## Anexo 5: Resultados método 2, Área 1:

Tabla 27: Cuadro Comparativo Método 2 → El área 1 presenta un dominio estructural homogéneo al NNW-NW monodominante en fallas/diques, mientras que los joint sets siguen esta tendencia, aunque localmente presentan una más que otra variabilidad al ENE. (Elaboración Propia)

| Cuadrante | Tipo de Datos  | Rumbo Dominante (FT/DK) | Rumbo Dominante (JN) | Tipo de Dominio      | Interpretación Principal                                  |
|-----------|----------------|-------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1.1       | Solo fallas    | N21W/71°                | N29W/77°             | Monodominante NW     | Dominio simple y homogéneo, sin sets secundarios.         |
| 1.2       | Solo joint     | N33W/84°                | N7W/81°              | Monodominante NW     | Joint subverticales muy coherentes; control tectónico NW. |
| 1.3       | Fallas + joint | N33W/74°                | N86W/87°             | Bimodal NW + WNW     | Interferencia local entre sistema NW y un set WNW–ESE.    |
| 1.4       | Fallas + joint | N37W/81°                | N19W/71°             | Monodominante NW–NNW | Coherencia entre fallas y joint; dominio estable.         |
| 1.5       | Fallas + joint | N22W/73°                | N19W/78°             | Monodominante NW     | Paralelismo casi perfecto entre ambos sets.               |
| 1.6       | Fallas + joint | N27W/63°                | N20W/74°             | Monodominante NW–NNW | Fracturamiento muy uniforme, sin interferencias.          |
| 1.7       | Solo fallas    | N55W/83°                | N60W/80°             | Monodominante WNW    | Rotación moderada hacia WNW por ajustes locales.          |
| 1.8       | Fallas + joint | N28W/80°                | N23W/78°             | Monodominante NW     | Uno de los cuadrantes más coherentes del área.            |
| 1.9       | Fallas + joint | N23W/75°                | N20W/77°             | Monodominante NW     | Fracturamiento homogéneo y alineado al sistema principal. |
| 1.11      | Fallas + joint | N30W/78°                | N62E/72°             | Bimodal NW–NE        | Cuadrante más complejo; interferencia NW–NE marcada.      |
| 1.12      | Fallas + joint | N20W/73°                | N27W/77°             | Monodominante NW     | Coherencia total; controla el sistema regional.           |
| 1.15      | Fallas + joint | N20W/81°                | N6W/78°              | Monodominante NW–NNW | Rotaciones menores dentro del mismo dominio.              |
| 1.18      | Fallas + joint | N24W/68°                | N15W/89°             | Monodominante NW     | Dominio estable con joint casi verticales.                |

## Anexo 6: Resultados Área 2, método 2

Tabla 28: Resumen de resultados Área 2; método 2. (Elaboración Propia)

| Cuadrante | Tipo de Datos         | Rumbo Dominante (FT/DK) | Rumbo Dominante (JN) | Tipo de Dominio      | Interpretación Principal                                            |
|-----------|-----------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 2.1       | Fallas + <i>joint</i> | N31W/63°                | N45E/82°             | Mixto NW–NE          | Interferencia clara entre sistema NW (falla) y NE ( <i>joint</i> ). |
| 2.2       | Fallas + <i>joint</i> | N32W/84°                | N15E/80°             | Mixto NW–NE          | Coexistencia NW dominante y fracturamiento NE transversal.          |
| 2.4       | Fallas + <i>joint</i> | N28W/80°                | N34W/82°             | Monodominante NW     | Fallas y <i>joint</i> paralelos; dominio simple y homogéneo.        |
| 2.5       | Fallas + <i>joint</i> | N36W/72°                | N40W/78°             | Monodominante NW     | Alta coherencia entre ambos sets; sin interferencias.               |
| 2.6       | Fallas + <i>joint</i> | N38W/51°                | N43W/78°             | Monodominante NW     | Dominio NW consistente con variación menor en buzamientos.          |
| 2.7       | Fallas + <i>joint</i> | N28W/76°                | N23W/77°             | Monodominante NW     | Paralelismo casi perfecto; fracturamiento estable.                  |
| 2.8       | Fallas + <i>joint</i> | N54W/81°                | N33W/82°             | NW–WNW               | Rotación hacia WNW en fallas; <i>joint</i> mantienen NW.            |
| 2.9       | Fallas + <i>joint</i> | N43W/72°                | N20W/81°             | Monodominante NW–WNW | Dominio simple; leves rotaciones internas.                          |
| 2.10      | Fallas + <i>joint</i> | N19W/66°                | N24W/79°             | Monodominante NW–NNW | Dominio muy coherente; sin influencia NE.                           |
| 2.11      | Fallas + <i>joint</i> | N31W/68°                | N39W/77°             | Monodominante NW     | Alta coherencia estructural y subverticalidad.                      |
| 2.12      | Fallas + <i>joint</i> | N31W/81°                | N29W/80°             | Monodominante NW     | Uno de los cuadrantes más coherentes del área.                      |

|             |                       |          |          |                  |                                                                     |
|-------------|-----------------------|----------|----------|------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>2.13</b> | Fallas + <i>joint</i> | N3W/60°  | N20W/78° | Mixto N–NW       | Fallas cercanas a N–S; <i>joint</i> regresan al sistema NW.         |
| <b>2.14</b> | Fallas + <i>joint</i> | N45W/68° | N37W/83° | Monodominante NW | Consistencia total entre fallas y <i>joint</i> ; dominio robusto.   |
| <b>2.15</b> | Fallas + <i>joint</i> | N29W/79° | N42W/79° | NW–WNW           | <i>Joint</i> levemente rotados; dominio único mantenido.            |
| <b>2.16</b> | Fallas + <i>joint</i> | N41W/81° | N11W/74° | NW–NNW           | Coherencia general; <i>joint</i> rotan hacia NNW.                   |
| <b>2.17</b> | Solo <i>joint</i>     | N30W/82° | N27W/87° | Monodominante NW | <i>Joint</i> muy verticales; set único y consistente.               |
| <b>2.19</b> | Fallas + <i>joint</i> | N45W/84° | N50W/67° | Monodominante NW | Fracturamiento simple y altamente coherente.                        |
| <b>2.20</b> | Fallas + <i>joint</i> | N45W/77° | N2W/71°  | Mixto NW–N       | Fallas NW y <i>joint</i> N–NNW: doble sistema activo.               |
| <b>2.23</b> | Fallas + <i>joint</i> | N37W/78° | N4W/76°  | Mixto NW–N       | Sets bien separados; no paralelos; dominio dual.                    |
| <b>2.24</b> | Fallas + <i>joint</i> | N50W/75° | N84E/81° | Mixto NW–ENE     | Sistema NW dominante en fallas y ENE en <i>joint</i> (ortogonales). |