



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE  
GEOLOGÍA

**GEOLOGÍA ECONÓMICA DEL DISTRITO  
MINERO EL CHURQUE, REGIÓN DE ATACAMA,  
CHILE.**

---

**Profesor Guía: Dr. Karl Riveros Jensen.  
Tutor: Sr Simón Meneses Guerrero.**

**MATIAS NICOLAS ZAMORA PEÑA  
COPIAPÓ, CHILE  
2025**



UNIVERSIDAD  
**DE ATACAMA**

FACULTAD DE  
INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE  
GEOLOGÍA

**GEOLOGÍA ECONÓMICA DEL DISTRITO  
MINERO EL CHURQUE, REGIÓN DE ATACAMA,  
CHILE.**

---

**Memoria presentada en conformidad a los requisitos para obtener el título de  
geólogo.**

**Profesor Guía: Dr. Karl Riveros Jensen.  
Tutor: Sr. Simón Meneses Guerrero.**

**MATIAS NICOLAS ZAMORA PEÑA  
COPIAPÓ, CHILE  
2025**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primera instancia quiero agradecer a todos los profesores y profesionales involucrados en mi proceso de formación.

En segundo lugar, a mi familia y amigos que han sido fundamental en el desarrollo de mi vida.

Por último, y más importante, a la pequeña familia que estoy formando.

## RESUMEN

La Empresa Nacional de Minería, junto con la Gerencia de Fomento y Minería, tienen como objetivo desarrollar estudios distritales mineros de diagnóstico geológico, con el propósito de aplicar futuros programas de labores y/o sondajes, e incrementar la disponibilidad de recursos y reservas para el desarrollo del negocio minero. Uno de estos estudios se realiza en el distrito minero El Churque, ubicado al sur de la comuna de Vallenar, Provincia del Huasco, Región de Atacama, aproximadamente a unos 31.2 km.

En este estudio, se seleccionan 2 propiedades mineras, Daniela y Esperanza, ésta última, dividida en franja norte y sur. Debido a la incertidumbre del modelo del depósito y la necesidad de estudios geológicos actualizados en el sector, la finalidad de este trabajo es realizar un levantamiento geológico, determinar el control litológico y estructural de la mineralización, y una estimación de recursos mediante una campaña de sondajes, entregando recomendaciones geológicas para una explotación económica rentable.

La mina Esperanza y Daniela, son depósitos de origen hidrotermal, mantiformes, de orientación preferencial N40W;20SW, en donde la mineralización principal se hospeda en brechas volcánicas del Cretácico Inferior, y corresponde a una mineralización distal periférica a batolitos granodioríticos contemporáneos, emplazados en la Cordillera de la Costa, en el norte de Chile. La mineralización corresponde a crisocola, atacamita y brochantita, los cuales están rellenoando vesículas, fracturas, vetillas y, principalmente, diseminados, además, se aprecian zonas mixtas, en donde destaca la calcosina como sulfuro secundario, y de manera subordinada, se encuentra plata como subproducto importante.

La campaña de sondajes consiste en 31 sondajes de diamantina cubriendo un área general de 1.2 km<sup>2</sup>, y abarca 1110.45 m. de profundidad en total. A través de perfiles en el programa AutoCAD y civil 3D se realiza la estimación de recursos. La mina Esperanza Franja norte, de acuerdo al cobre soluble (CuS), se determina un total de recursos medidos, indicados e inferidos de 4474.35 Ton, 8733.00 Ton, y 13638.77 Ton respectivamente. La mina Esperanza Franja sur, presenta un total de recursos medidos, indicados e inferidos de 2878.87 Ton, 7395.77 Ton, y 19624.38 Ton respectivamente. Por último, la mina Daniela se observan un total de recursos medidos, indicados e inferidos de 5115.89 Ton, 15163.29 Ton, 44575.66 Ton respectivamente.

Finalmente, en el contexto de la pequeña minería, la mina Esperanza y Daniela se destacan por su bajo tonelaje, pero con una ley de cobre alta y aceptable, por ende, se consideran rentables económicamente y se recomienda explotar los cuerpos, removiendo el mineral, y generando el avance de túnel simultáneamente.

## ABSTRACT

ENAMI, together with the Development and Mining Management, have the objective of developing geological diagnostic mining district studies, with the purpose of applying future work and/or drilling programs, and increase the availability of resources and reserves for the development of the mining business. One of these studies is being carried out in the El Churque mining district, located to the south of the municipality of Vallenar, Huasco Province, Atacama Region, approximately 31.2 km away.

In this study, 2 mining properties are selected, Daniela and Esperanza, the latter divided into north and south strip. Due to the uncertainty of the deposit model and the need for updated geological studies in the sector, the purpose of this work is to carry out a geological survey, determine the lithological and structural control of the mineralization, and an estimation of resources through a drilling campaign, providing geological recommendations for a profitable economic exploitation.

The Esperanza and Daniela mines are hydrothermal deposits, mantiform, with preferential orientation N40W;20SW, where the main mineralization is hosted in volcanic breccias of the Lower Cretaceous, and corresponds to a distal mineralization peripheral to contemporary granodioritic batholiths, located in the Coastal Range, in northern Chile. The mineralization corresponds to chrysocolla, atacamite and brochantite, which are filling vesicles, fractures, veinlets and, mainly, disseminated, in addition, mixed zones are appreciated, where chalcocite stands out as a secondary sulfide, and in a subordinate way, silver is found as an important by-product.

The drilling campaign consists of 31 diamond drill holes covering a general area of 1.2 km<sup>2</sup>, and covers a total depth of 1110.45 meters. Through AutoCAD and civil 3D profiles, the resource estimation is carried out. The Esperanza North Strip mine, according to the soluble copper (CuS), has total measured, indicated and inferred resources of 4474.35 Ton, 8733.00 Ton, and 13638.77 Ton respectively. The Esperanza South Strip mine has total measured, indicated and inferred resources of 2878.87 Ton, 7395.77 Ton, and 19624.38 Ton respectively. Finally, the Daniela mine has total measured, indicated and inferred resources of 5115.89 Ton, 15163.29 Ton, 44575.66 Ton respectively.

Finally, in the context of small mining, the Esperanza and Daniela mines stand out for their low tonnage, but with a high and acceptable copper grade, therefore, they are considered economically profitable and it is recommended to exploit the mantos, removing the ore, and generating the tunnel advance simultaneously.

# ÍNDICE

## Índice de contenido

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
ÍNDICE .....	3
Índice de contenido .....	3
Índice de figuras .....	5
Índice de tablas .....	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	9
1.1.- Contexto y problemática de la situación .....	9
1.2.- Objetivos .....	10
1.2.1.- Objetivo General .....	10
1.2.2.- Objetivos específicos.....	10
1.3.- Ubicación y Acceso .....	10
1.3.1.- Mina Daniela .....	10
1.3.2.- Mina Esperanza .....	11
1.4.- Trabajos anteriores .....	12
1.5.- Metodología .....	13
1.5.1.- Etapa de Gabinete Pre Terreno.....	13
1.5.2.- Etapa de Terreno.....	18
1.5.3.- Etapa de Gabinete Post Terreno. ....	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	21
2.1.- Marco tectónico.....	21
2.2.- Geología estructural regional .....	23
2.3.- Metalogénesis.....	25
2.4.- Recursos mineros. ....	27
2.5.- Marco geológico regional .....	29
2.5.1.- Unidades Estratificadas .....	30
2.5.2.- Rocas intrusivas.....	36
CAPÍTULO III: GEOLOGÍA DISTRITAL.....	38
3.1.- Geología local .....	38

3.1.1.- Unidades estratificadas.....	38
3.1.2- Rocas intrusivas.....	44
3.2.- Alteraciones .....	46
3.3.-Geología estructural .....	47
3.3.1.- Sistema NW.....	47
3.3.2.- Sistema NS .....	48
3.4.- Geología económica.....	48
CAPITULO IV: ESTIMACIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICOS .....	50
4.1.- Campaña de sondajes .....	50
4.2 Análisis químico de laboratorio .....	52
4.3.- Modelamiento .....	56
4.3.1.- Perfiles Esperanza Norte .....	56
4.3.2.- Perfiles Esperanza sur.....	59
4.3.3.- Perfiles Mina Daniela.....	62
4.4.- Resultados de la estimación de recursos .....	64
4.4.1.- Resultados Mina Esperanza Franja Norte .....	64
4.4.2.- Resultados Mina Esperanza Franja Sur .....	67
4.4.3.- Resultados Mina Daniela.....	68
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	70
5.1.- Modelo geológico .....	70
5.2.- Estimación de recursos.....	73
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	74
6.1.- Conclusiones .....	74
6.2.- Recomendaciones.....	76
REFERENCIAS .....	77
ANEXOS .....	84
Anexo 1.- Base de datos del Distrito minero El Churque .....	84
Anexo 2.- Perfiles.....	104

## Índice de figuras

<i>Figura 1.1: Mapa de ubicación y acceso a la mina Daniela y Esperanza, pertenecientes al distrito minero El Churque. ....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 1.2: Base de mapeo del Distrito Minero El Churque. En rojo se observan las pertenencias correspondientes a la franja norte y sur de la mina Esperanza, situadas a la izquierda, y a la derecha, la mina Daniela. Escala 1:1500.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 1.3: Base de mapeo de la mina Esperanza Franja Norte. En rojo se observan los límites de la propiedad. Escala 1:900. ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 1.4: Base de mapeo de la mina Esperanza Sur. En rojo se aprecian los límites de la propiedad. Escala 1:800.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 1.5: Base de mapeo de la mina Daniela. En color rojo, se aprecia los límites de la pertenencia. Escala 1:1000.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2.1: Configuración tectónica de los Andes centrales en el centro-norte de Chile.: Figura esquemática de un margen continental activo y los principales procesos que afectan la composición y evolución de los magmas formados en estos ambientes. Procesos asociados a la deshidratación de la losa oceánica subductada: (1) deshidratación y pérdida de fluidos en el antearco, (2) deshidratación e hibridación del componente de subducción y del manto, (3) arrastre del manto metasomatizado inducido por la subducción, (4) deshidratación profunda de distintas fases minerales, (5) inicio de la fusión hidratada del manto por sobre los 1000-1100°C, (6) migración de fundidos a la base de la columna de fusión. Procesos asociados a la fuente mantélica: (7) flujo astenosférico inducido por la subducción, (8) aporte de material a la columna de fusión por advección del manto astenosférico, (9) enriquecimiento de la astenosfera producto de la delaminación del manto litosférico subcontinental, (10) fusión por descompresión a partir de, aproximadamente, 60 km de profundidad. Procesos en la litósfera superior: (11) segregación de fundidos a la base de la litósfera sobreyacente, (12) zona de interacción y cristalización de los magmas provenientes del manto en niveles litosféricos profundos (MASH), (13) cristalización y asimilación en zonas corticales someras. Modificado Richards (2003). ....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2.2: Se representan las principales fallas regionales del norte de Chile. Se muestra la Zona de Fallas Atacama y el sistema de fallas tipo duplex, zona de falla del Valle Central (modificado de Camus (2003) y de Randall et al., (1996), Almonacid., 2007). .</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2.3: Mapa de ubicación de las principales franjas metalogénicas. (a) Se observa la ubicación de las franjas metalogénicas en el norte y centro de Chile, indicando los principales yacimientos y prospectos presentes; (b) Escala de tiempo geológico mostrando el periodo de generación de yacimientos asociados a cada franja (Maksaev et al., 2007). ....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 2.4: Extracto de Hoja de Vallenar y parte norte de La Serena, en donde se aprecia en el centro del mapa, en rojo, a las minas Daniela y Esperanza. Escala 1:60.000.....</i>	<i>29</i>

<i>Figura 2.5: Extracto de Hoja de Vallenar y parte norte de La Serena, en donde se aprecia en el centro del mapa, en rojo, a las minas Daniela y Esperanza. Escala 1:40.000. (Arévalo et al., 2009).</i>	30
<i>Figura 3.1: Mapa distrito minero El Churque, donde se destacan las diferentes unidades, estructuras y perforaciones en el sector.</i>	38
<i>Figura 3.2: Afloramiento de rocas volcano-sedimentarias estratificadas, de rumbo NW, con aproximadamente 10 metros de altura, en donde se observa, a simple vista, óxidos de cobre en forma de lentes.</i>	39
<i>Figura 3.3: Secuencia sedimentaria marina gris, en donde se aprecian una intercalación de areniscas finas a gruesas y andesitas porfídicas, en un orden cada 10-20 cm.</i>	40
<i>Figura 3.4: Brecha tobácea rojiza, en donde se aprecia los clastos angulosos, de aproximadamente 2 centímetros de diámetro.</i>	41
<i>Figura 3.5: A) Andesita con textura porfídica, se observa claramente los fenocristales de plagioclasas, además, presenta vetillas de calcita. Plg: Plagioclasas. B) Andesita con textura porfídica y amigdaloidal.</i>	42
<i>Figura 3.6: Se observa la brecha volcánica, dando énfasis en los clastos angulosos de composición, principalmente, andesítica.</i>	43
<i>Figura 3.7: Se observa la Unidad Sedimentaria Marina, con una potencia máxima de 5 metros, en la cual, se utiliza un martillo geológico como escala.</i>	44
<i>Figura 3.8: Se observa un dique de potencia aproximada de 4 metros, presenta un rumbo NW, y se localiza en cercanías de la entrada a la Franja Norte de Esperanza.</i>	44
<i>Figura 3.9: Se observa las diferentes composiciones de los diques en toda el área de estudio. La figura (A) se aprecia un intrusivo altamente alterado, la figura (B) se observa un dique de composición félsica, con la presencia de vetillas polidireccionales de calcita, y por último, en la figura (C) se entiende por un dique microdiorítico, en el cual se aprecia pirolusita.</i>	45
<i>Figura 3.10: Alteraciones observadas en el Distrito Minero El Churque; A) Se aprecia las vesículas rellenas con carbonato de calcio en la Andesita de textura amigdaloidal; B) Se observa una andesita porfídica con presencias de vetillas de polidireccionales, además, vesículas rellenas de clorita, y se</i>	46
<i>Figura 3.11. Diagrama de rosa, donde se observa la orientación principal de mineralización. El cuerpo mineralizado principal tiene una orientación NW, lo cual concuerda con la estratificación.</i>	47
<i>Figura 3.12. Diagrama de rosa donde se observa la orientación principal y secundaria del sistema estructural. El sistema estructural principal tiene una orientación general NW. En cambio, el sistema estructural secundario tiene una orientación N-S.</i>	48
<i>Figura 3.13: Mineralización principal de cobre presente en el distrito minero El Churque; A) Se observan óxidos de cobre como: Atc: Atacamita; Bro: Brochantita; Crc: Crisocola; B) Se destacan sulfuros de cobre como: Cct: Calcosina; Cpp: Calcopirita.</i>	49

<i>Figura 4.1: Equipo de sondaje DRX-700, diámetro NQ, rotación horaria.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 4.2: Ubicación de los sondajes en las minas pertenecientes al distrito minero El Churque.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 4.3: Perfil N-S, litológico de la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 4.4: Perfil N-S de los mantos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Norte. Escala.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4.5: Perfil W-E de los mantos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 4.6: Perfil N-S de los mantos mineralizados con sulfuros de cobre en la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 4.7: Perfil W-E de los mantos mineralizados con sulfuros de cobre en la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 4.8: Perfil N-S, litológico de la mina Esperanza sur. Escala 1:1.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 4.9: Perfil N-S de los cuerpos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Sur. Escala 1:1. ....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 4.10: Perfil W-E de los cuerpos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Sur. Escala 1:1. ....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 4.11: Perfil N-S del manto menor mineralizados con sulfuros de cobre en la mina Esperanza Sur. Escala 1:1. ....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 4.12: Perfil W-E del cuerpo menor mineralizado con sulfuros de cobre en la mina Esperanza Sur. Escala 1:1. ....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 4.13: Perfil N-S litológico de la mina Daniela. Escala 1:1.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 4.14: Perfil N-S de los mantos mineralizado con óxidos de cobre en la Mina Daniela. Escala 1:1.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 4.15: Perfil W-E de los cuerpos mineralizados con óxidos de cobre presentes en la Mina Daniela. Escala 1:1. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 5.1: Relación estratigráfica entre las dos Unidades más importantes que afloran en el distrito El Churque, en donde se aprecia con color negro, el contacto concordante entre las ambas unidades descritas.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 5.2: Brecha hidrotermal.....</i>	<i>72</i>

## Índice de tablas

<i>Tabla 1.1: Ubicación geográfica de los sondajes, con su respectivo largo, azimut y Dip.</i>	19
<i>Tabla 4.1: Muestras con el análisis realizado por el laboratorio GEOLAQUIM Ltda, Copiapó.</i>	52
<i>Tabla 4.2: Estimación de recursos minerales de la mina Esperanza Franja Norte, respecto a los óxidos de cobre.</i>	65
<i>Tabla 4.3: Estimación de recursos minerales de la mina Esperanza Franja Norte, en relación a los sulfuros de cobre.</i>	66
<i>Tabla 4.4: Estimación de recursos minerales de la mina Esperanza Franja Sur, respecto a los óxidos de cobre.</i>	67
<i>Tabla 4.5: Estimación de recursos minerales de la mina Esperanza Franja Sur, en relación a los sulfuros de cobre.</i>	68
<i>Tabla 4.6: Estimación de recursos minerales de la mina Daniela, respecto a los óxidos de cobre.</i>	69

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1.- Contexto y problemática de la situación

La Empresa Nacional de Minería (ENAMI), tiene como objetivo fomentar el desarrollo de la pequeña y mediana Minería, apoyando en servicios de reconocimiento de recursos mineros, asistencia técnica, compra de minerales, productos mineros, procesamiento y comercialización de los mismos.

Por su parte, la Gerencia de Fomento y Minería de ENAMI, tiene como uno de sus propósitos, los estudios de distritales mineros de diagnóstico geológico, con el objetivo, a corto plazo, de definir la factibilidad económica y aplicar futuros programas de labores y/o sondajes. A largo plazo, se requiere incrementar la disponibilidad y permanencia de recursos y reservas para el desarrollo del negocio minero, de esta manera, mantener abastecidas en su totalidad las Plantas de ENAMI.

Uno de estos estudios se efectúa en el distrito minero El Churque, ubicado a 31 km al sur de Vallenar. Este distrito lo integran las minas Daniela, Esperanza, Teresas y San Pedro.

Anteriormente en las minas Daniela y Esperanza se explotaron cuerpos mantiformes, los cuales, contenían valores económicos rentables de cobre y plata. Las rocas donde se emplazan estos depósitos son principalmente rocas estatificadas, más específicamente, rocas volcano-sedimentarias y volcánicas.

En la actualidad, el dueño de las minas es Don Víctor Peña, el cual, arrienda cada una de estas pertenencias a terceros. La Franja Norte de la mina Esperanza se encuentra en trabajos por Don Luis Álvarez, por otro lado, la Franja Sur de la mina Esperanza está siendo explotada por Don Sergio Godoy, por último, respecto a la Mina Daniela se encuentra en arriendo por Don Alfonso Santibañez y en continua explotación.

La finalidad de este trabajo es realizar un análisis geológico y económico del distrito El Churque, debido a la incertidumbre del modelo geológico del depósito y la necesidad de estudios geológicos actualizados en el sector, en donde existe información antigua de un estudio de sondajes, la cual, se requiere apoyar y fortalecer a través de una nueva campaña de sondajes, aumentando la confiabilidad de la estimación de recursos, desde un punto de vista económico y operativo en la pequeña y mediana minería.

Por este motivo, se sugiere aportar nuevos antecedentes respecto a unidades geológicas, alteraciones, mineralización, estructuras tectónicas, con el fin de determinar el control estructural de mineralización del distrito minero y estimar los recursos minerales del sector mediante una campaña de sondajes, debido que esta zona constituye un área de interés económico importante, en cuanto a su potencial, cercanías con la Planta ENAMI Vallenar, calidad de acceso, calidad de roca, comportamiento metalúrgico histórico, etc.

## **1.2.- Objetivos**

### **1.2.1.- Objetivo General**

Evaluar el potencial económico de la mina Esperanza y Daniela, pertenecientes al distrito minero El Churque.

### **1.2.2.- Objetivos específicos**

- Definir litologías, alteraciones y mineralización presentes en las pertenencias Esperanza y Daniela.
- Determinar el control litológico y estructural de la mineralización en el distrito minero El Churque.
- Estimar y actualizar los recursos minerales de la mina Esperanza y Daniela, según parámetros adaptados a la pequeña y mediana minería.
- Entregar recomendaciones geológicas para una explotación económicamente rentable de las minas del distrito minero El Churque.

## **1.3.- Ubicación y Acceso**

El distrito minero El Churque se ubica al sur de la comuna de Vallenar, Provincia del Huasco, Región de Atacama, aproximadamente a unos 31.2 km. En este distrito forman parte la mina Daniela y la mina Esperanza, las cuales se encuentran particularmente cerca entre ellas.

### **1.3.1.- Mina Daniela**

La mina Daniela se ubica al sur de Vallenar, aproximadamente a 31.2 km, y 12.6 km al NE de la localidad de Domeyko. Específicamente, la propiedad minera tiene un punto central UTM 6.807.270N y 321.480E (WGS84;19S).

Para llegar a esta pertenencia, desde Vallenar, se debe tomar la ruta 5 y avanzar aproximadamente 37 km en dirección hacia la localidad de Domeyko, hasta llegar al Punto 1 (6.808.352N y 322.580E). En el Punto 1 se llega a una bifurcación y se toma el camino de la pista derecha, el cual, en un principio presenta pavimento y posteriormente se modifica a un camino ripiado. Luego, se continua este camino y se avanza alrededor de 2 km en dirección SW, hasta llegar al Punto 2 (6.807.537N y 321.643E). En el Punto 2 se desvía hacia la izquierda, en dirección sur, aproximadamente medio kilómetro por un camino sinuoso hasta llegar a la mina Daniela (Figura 1.1).

### 1.3.2.- Mina Esperanza

La mina Esperanza se ubica en línea recta desde la ciudad de Vallenar, alrededor de unos 31.5 km en dirección sur. Esta mina se encuentra en 2 propiedades en el área de estudio, una franja norte cuyo punto central UTM es 6.807.200N y 321.480E, y una franja sur, en donde el punto central es 6.806.650N y 321.450E (WGS84;19S).

Para llegar a la mina Esperanza, se debe acceder a la ruta 5 norte, desde Vallenar hacia la localidad de Domeyko, al igual que la mina Daniela. Una vez que se llega al mencionado Punto 2 (6.807.537N y 321.643E), se continua el trayecto en dirección SW por unos 0.65 km aproximadamente para llegar a la franja norte de la mina Esperanza (Figura 1.1).

Finalmente, para lograr acceder a la franja sur de la mina Esperanza, se debe de retomar el camino ripiado y sinuoso, y avanzar alrededor de 0.85 km en dirección sur (Figura 1.1).

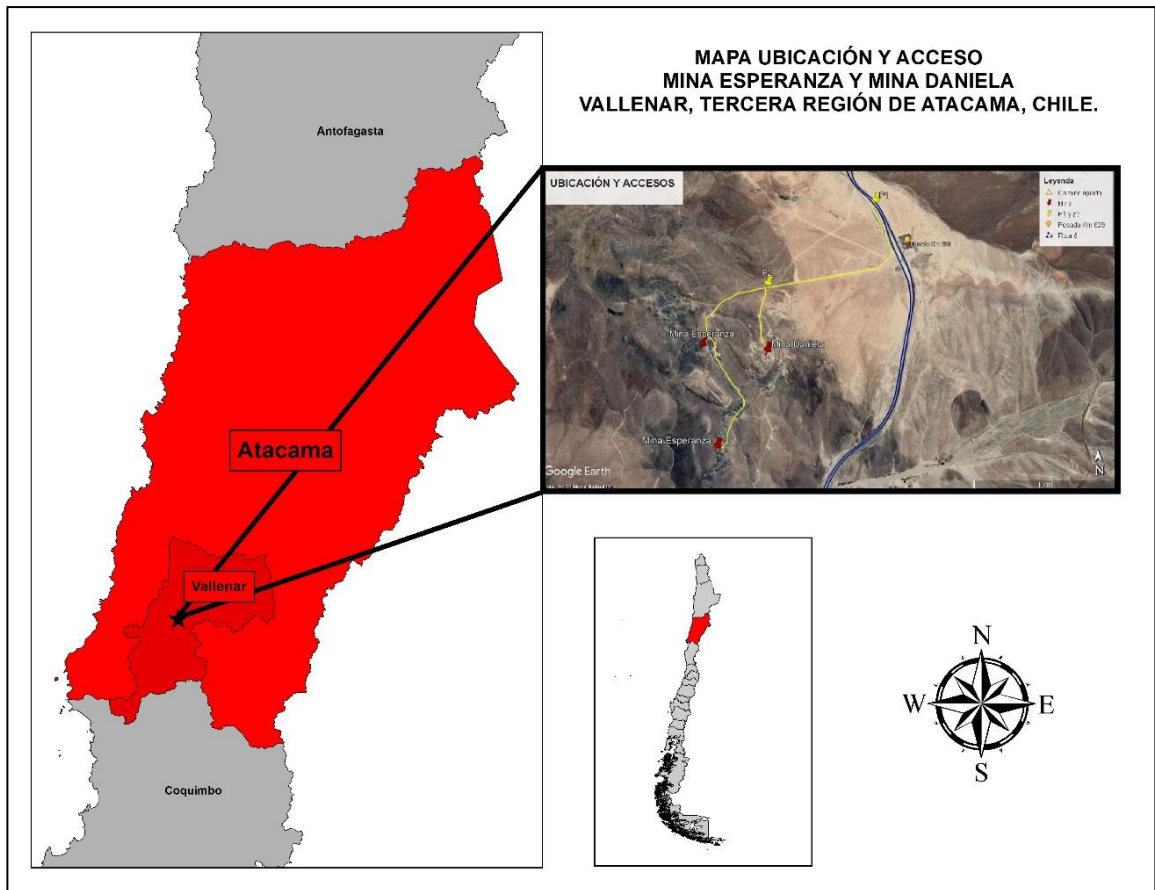


Figura 1.1: Mapa de ubicación y acceso a la mina Daniela y Esperanza, pertenecientes al distrito minero El Churque.

#### **1.4.- Trabajos anteriores**

En el año 2000, la Compañía Minera Playa Brava era propietario de la mina Daniela y Esperanza, actualmente, la Compañía se encuentra en quiebra.

En septiembre del año 2000, se inicia la exploración realizada por la Compañía Minera Playa Brava por medio de un levantamiento geológico de interior mina y de picados, a una escala 1:500, con el objetivo de reconocer los rasgos principales de la mineralización presente en la mina Daniela y Esperanza. Simultáneamente, se realiza un levantamiento topográfico, que contempla un área de 1.35 km<sup>2</sup>, la cual, cubre por completo a las propiedades mineras del proyecto El Churque.

De acuerdo a los resultados del levantamiento geológico de picados e interior mina, se lleva a cabo un levantamiento geológico detallado de superficie a escala 1:500, instalando más de 6000 estacas que cubren la totalidad del área de estudio. Cabe destacar que los resultados de este último estudio permitieron establecer los puntos para la prospección a través de sondajes DTH-Aire reverso y diamantina.

En la fase de perforación, se realizaron 9.079 m, distribuidos en 2.118 m de aire reverso y 6.961 m de diamantina. Esto tuvo como objetivo establecer la calidad y continuidad del cuerpo mantiforme mineralizado, además, se evalúa los resultados de los sondajes por cobre y plata, utilizando métodos computacionales (Gemcom for Windows, versión 98.01).

En abril del año 2002, se realiza un informe preliminar del proyecto El Churque, elaborado por Cristian Romero, en el cual se establecen los recursos geológicos existentes en el prospecto, logrando: 521.334 ton de 1,96% CuT; 0,96% CuS; 1,00% CuI, y 72.26 gr/ton de Ag. Estos valores se encuentran divididos en dos tipos de mena: La mena sulfurada, que corresponde a 241.883 ton de 2,01% CuT; 0,32% CuS; 1,69% CuI y 87.70 gr/ton de Ag, por otro lado, la mena oxidada que alcanza a 279.452 ton de 1,88% CuT; 1,47% CuS; 0,40% CuI y 58.88 gr/ton de Ag.

## **1.5.- Metodología**

### **1.5.1.- Etapa de Gabinete Pre Terreno.**

#### **Recopilación de información y antecedentes bibliográficos**

Consistió en reunir toda la información geológica existente del distrito. Se investigó fuentes tales como mapas geológicos que incorporan la zona de estudio, documentos estratigráficos, estructurales, paleontológicos e informes de la geología económica del sector.

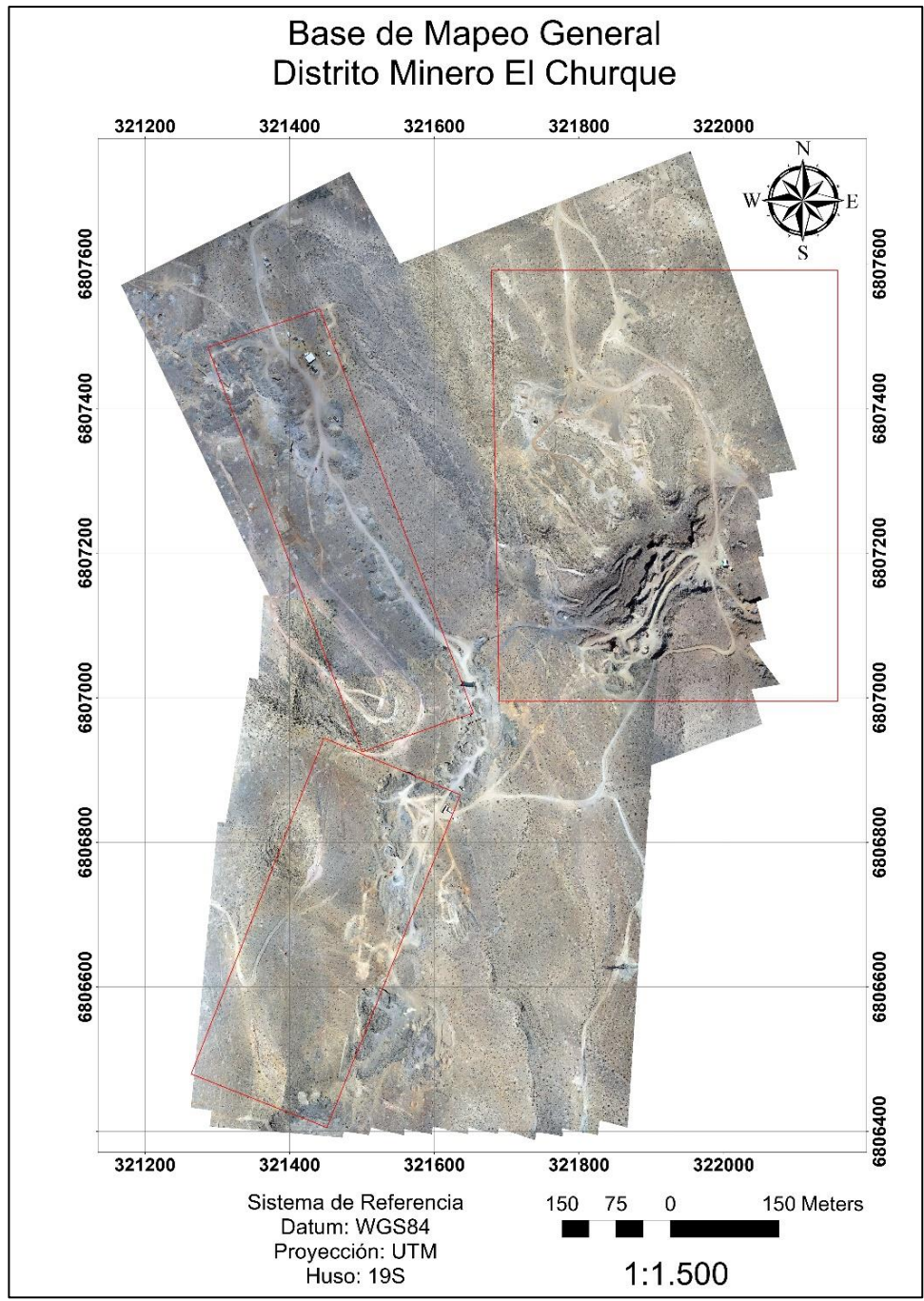
#### **Fotointerpretación del distrito minero**

Fundamentalmente se delimitaron los contactos litológicos debido a contrastes de color y texturas que se observaron en imágenes aéreas tomadas por dron del equipo de topografía de ENAMI. Además, se realizó una correlación con las unidades descritas en la carta geológica de Vallenar y parte norte de la Serena (Moscoso R. et al, 1982), y la carta geológica del Área Vallenar-Domeyko (Arévalo et al., 2009).

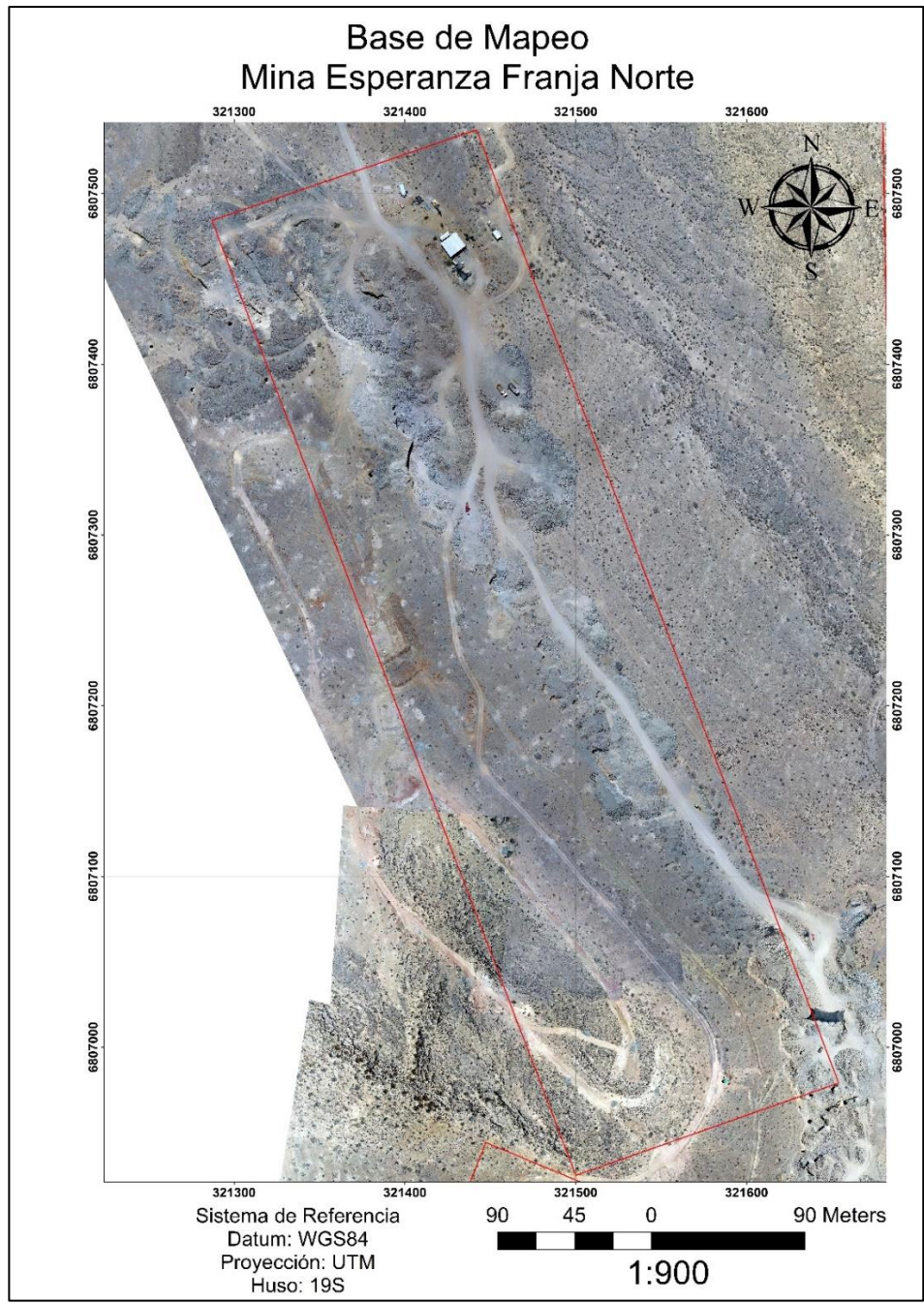
#### **Elaboración de la base de mapeo**

Se realizó cuatro bases de mapeo mediante el programa ArcMap 10.5, una base de mapeo general y otras tres con las pertenencias respectivas. La base de mapeo general se elaboró en una escala de 1:1500 (Figura 1.2), la base de mapeo de Esperanza Norte se desarrolló a una escala de 1:900 (Figura 1.3), la base de mapeo de Esperanza Sur se generó a una escala de 1:800 (Figura 1.4), y la base de mapeo de Daniela se lleva a cabo en una escala de 1:1000 (Figura 1.5). Por otro lado, cada mapa se trabajó en sistema de coordenadas UTM (WGS84;19S), presentan su propia grilla y tamaño de hoja, acorde con lo que se necesite trabajar. La finalidad que conlleva, es observar con mayores detalles las diferentes estructuras y analizar con precisión los cambios litológicos presentes en el área de estudio.

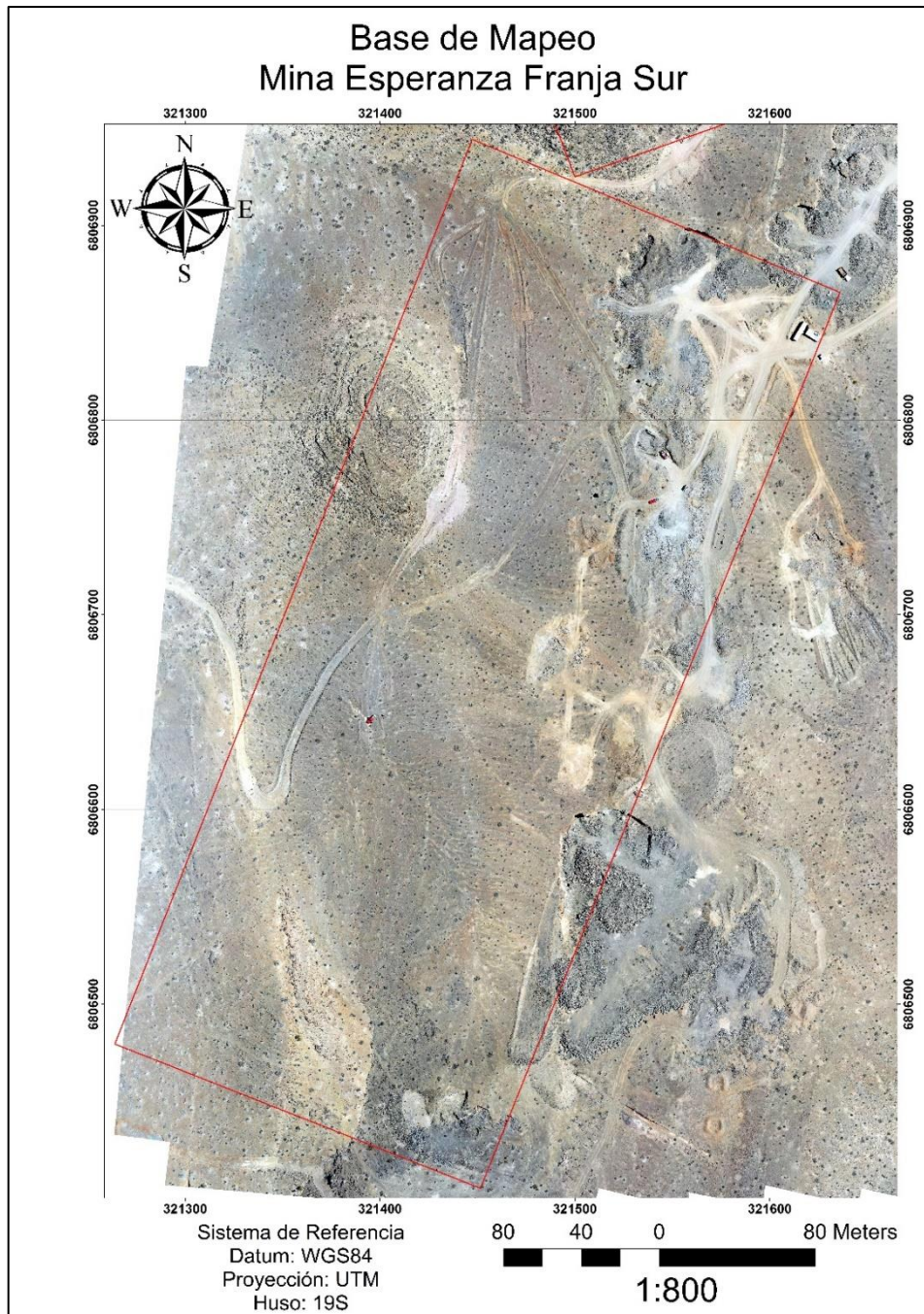
A continuación, se adjunta la base de mapeo general del distrito minero El Churque, y las bases de mapeo de la franja norte-sur de la mina Esperanza y la mina Daniela.



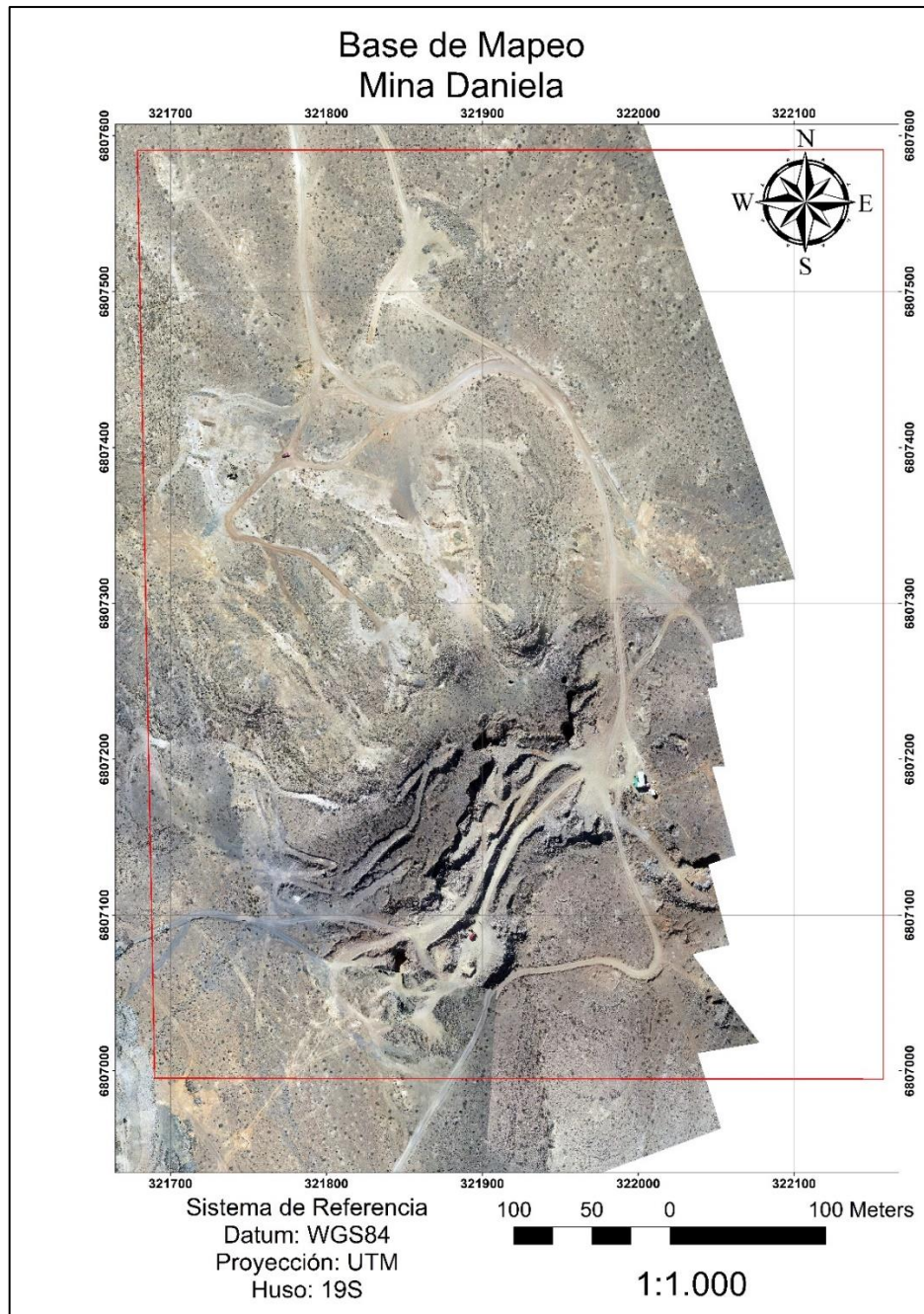
*Figura 1.2: Base de mapeo del Distrito Minero El Churque. En rojo se observan las pertenencias correspondientes a la franja norte y sur de la mina Esperanza, situadas a la izquierda, y a la derecha, la mina Daniela. Escala 1:1500.*



*Figura 1.3: Base de mapeo de la mina Esperanza Franja Norte. En rojo se observan los límites de la propiedad. Escala 1:900.*



*Figura 1.4: Base de mapeo de la mina Esperanza Sur. En rojo se aprecian los límites de la propiedad. Escala 1:800.*



*Figura 1.5: Base de mapeo de la mina Daniela. En color rojo, se aprecia los límites de la pertenencia. Escala 1:1000.*

### **1.5.2.- Etapa de Terreno.**

#### **Visitas preliminares de reconocimiento**

Se realizaron visitas, durante dos semanas aproximadamente, a las pertenencias ubicadas en el distrito, con la finalidad de reconocer los distintos puntos de accesos, laboreos mineros, situación actual de las minas seleccionadas para el estudio, y con más relevancia, las áreas o puntos de interés para realizar la campaña de sondajes.

#### **Campaña de levantamiento geológico**

Se desarrolló durante el mes de enero y febrero del año 2022, específicamente, tres días a la semana. En primera instancia, se observó en superficie los puntos en donde es posible reconocer mineralización. Una vez terminado esto, se realizó el levantamiento geológico, dando énfasis en: Litología, mineralización, alteración (leve, moderada y fuerte), estructuras (dique, vetas, fallas), su actitud, potencia de la estructura mineralizada, coordenadas UTM (WGS84;19S), fotografías con sus respectivas escalas, y toma de muestras con sus correspondientes códigos.

#### **Campaña de sondajes**

Respecto al calendario, se realizó simultáneamente a la campaña de levantamiento geológico. En la campaña de sondajes se desarrolló una malla irregular para cada una de las minas en el presente estudio, de acuerdo a la campaña de levantamiento geológico. Sin embargo, la malla de perforación puede presentar cambios, no significativos, durante la campaña de sondajes, debido a áreas que dificulten el transporte de maquinaria, diques estériles que afloren cerca del pozo, etc.

A continuación, se adjunta las coordenadas en Y, X y Z de la malla de perforación irregular, con sus respectivas profundidades de pozo, azimut y ángulo de inclinación. Cabe señalar, que los códigos ESLA-SD corresponden a los sondajes pertenecientes a la mina Esperanza Franja Norte, el código ESSG-SD relaciona a la mina Esperanza Franja Sur, y por último, el código DAN-SD corresponde a la mina Daniela.

Tabla 1.1: Ubicación geográfica de los sondajes, con su respectivo largo, azimut y Dip.

HOLEID	NORTE	ESTE	COTA	LARGO	AZIMUT	DIP
ESLA-SD1	6807350.64	321346.94	1026	60.9	0	-90
ESLA-SD2	6807295.47	321349.462	1028	30.3	0	-90
ESLA-SD3	6807249.15	321367.885	1027	47.3	0	-90
ESLA-SD4	6807200.32	321390.459	1026.971	40.2	0	-90
ESLA-SD5	6807175.92	321460.262	1016.286	40.4	0	-90
ESLA-SD6	6807275.5	321415.221	1017.754	40.2	0	-90
ESLA-SD7	6807003.67	321476.825	1028.034	65.2	0	-90
ESLA-SD8	6806972.43	321507.173	1027.487	65.3	0	-90
ESSG-SD1	6806653.9	321464.865	993.443	60.3	0	-90
ESSG-SD2	6806621	321493.991	987.63	20.3	0	-90
ESSG-SD3	6806646.32	321435.492	997.722	30.3	0	-90
ESSG-SD4	6806601.94	321440.289	994.655	30.3	0	-90
ESSG-SD5	6806596.64	321469.848	988.955	20.3	0	-90
ESSG-SD6	6806508.35	321455.196	982.156	40.45	0	-90
ESSG-SD7	6806525.29	321467.252	983.038	30.35	0	-90
ESSG-SD8	6806521.24	321439.712	984.083	40.25	0	-90
ESSG-SD9	6806550.25	321453.73	988.147	32.4	0	-90
ESSG-SD10	6806543.81	321431.74	986.52	32.4	0	-90
ESSG-SD11	6806678.87	321495.535	990.273	20.1	0	-90
DAN-SD1	6807527.67	321793.501	1015.06	35.3	0	-90
DAN-SD2	6807436.18	321849.728	1015.855	30	0	-90
DAN-SD3	6807436.27	321886.644	1014.906	30.65	0	-90
DAN-SD4	6807529.24	321852.833	1006	31.8	0	-90
DAN-SD5	6807489.26	321866.987	1008.54	29	0	-90
DAN-SD6	6807431.23	321944.926	1015.831	29.3	0	-90
DAN-SD7	6807328.4	321971.362	1015.088	26.95	0	-90
DAN-SD8	6807288.57	321953.088	1016.628	30	0	-90
DAN-SD9	6807292.63	322050.12	1014.642	30.1	0	-90
DAN-SD10	6807342.18	321998.829	1012.804	30.1	0	-90
DAN-SD11	6807379.51	322000.218	1010.393	30	0	-90
DAN-SD12	6807069.48	322082.706	994.548	30	0	-90

### **1.5.3.- Etapa de Gabinete Post Terreno.**

#### **Descripción petrográfica y mineralógica**

Se realizó una descripción macroscópica, a través de lupa, rayador y ácido, de las rocas extraídas en la etapa de terreno, tanto de la mina Daniela, como de la mina Esperanza. La finalidad de describir las muestras, es evaluar la litología, mineralización y alteraciones, corroborando e incorporando nueva información a la ya descrita en terreno.

#### **Descripción de la campaña de sondajes**

De acuerdo a la campaña de sondajes, se elaboró un mapeo de los testigos correspondientes, dando énfasis, a la litología, mineralización, alteración y metraje. Además, se seleccionaron muestras de los testigos con mayor potencial económico para su respectivo análisis químico en laboratorio.

#### **Análisis químico**

Las muestras escogidas del mapeo de sondajes se enviaron a análisis químico en el laboratorio GEOLAQUIM Ltda., ubicada en la ciudad de Copiapó. El análisis consiste en la determinación de Cu por E.A.A (Espectrometría de absorción atómica), obteniendo datos de cobre total (CuT), cobre soluble (CuS), y plata (Ag), cabe destacar que, las muestras que den mayor a 1% de CuT, se va a realizar un análisis de consumo de ácido (H<sup>+</sup>).

#### **Procesamiento de datos**

En primera instancia, se generó una base de datos y en conjunto con datos topográficos superficiales y subterráneos, se desarrollaron perfiles N-S y E-W en el programa AutoCAD y civil 3D, con la finalidad de delimitar cuerpos o mantos mineralizados en la mina Esperanza y Daniela.

#### **Estimación de recursos**

En relación a lo desarrollado e interpretado en la etapa anterior de procesamiento de datos, se realizó una estimación de recursos minerales en base a los perfiles creados y al modelo de cálculo de tonelaje, de acuerdo a parámetros como al área del cuerpo bajo evaluación y peso específico, determinando una estimación, de pequeña y mediana minería, para el distrito minero El Churque.

#### **Recomendaciones**

Por último, de acuerdo a toda la información recopilada en este estudio y al análisis de los datos, se llevó cabo una serie de recomendaciones para la explotación, rentable económicamente, de la mina Esperanza y Daniela.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1.- Marco tectónico

Los Andes chilenos constituyen la provincia más rica de cobre del mundo (Maksaev y otros, 2007). La generación de los grandes yacimientos minerales del centro y norte de Chile, se debe al contexto geológico-tectónico en que se ubica Chile. Se desarrolla en una zona de subducción entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana. La configuración que genera este ambiente tectónico permite generar magmas bajo la corteza continental, los cuales ascienden debido a diferencia de densidad, causada por la hidratación del magma, producto de la subducción (Figura 2.1) (Richards, 2003).

La evolución tectónica de los Andes Centrales se caracteriza, en el Jurásico-Cretácico Inferior, por el desarrollo de un arco magmático paralelo al margen occidental de Gondwana, ubicado en la Cordillera de la Costa. En cambio, la evolución posterior, Cretácico Superior y Cenozoico, se desarrolla por el desplazamiento hacia posiciones más orientales del arco magmático. Estos cambios son producto de las modificaciones del patrón de convergencia y subducción. (Coira et al.,1982; Charrier, 2007).

En el Jurásico-Cretácico Inferior, el desarrollo de una nueva organización paleogeográfica caracterizada por el crecimiento de un arco magmático, asociado a una subducción tipo Mariana (Según Closs y Shreve, 1996), orientado de norte a sur, a lo largo de la actual Cordillera de la Costa, y una cuenca de tras-arco al este del arco. Esta condición, que probablemente sea la principal causa del desarrollo de las condiciones extensionales durante el crecimiento del arco y la cuenca de tras-arco (Charrier, 2007).

En el Cretácico temprano a tardío, se genera una producción muy rápida de corteza oceánica en el Océano Pacífico primitivo (Larson, 1991), y probablemente estuvo vinculado a una reducción del ángulo de subducción por debajo de Sudamérica, desarrollándose una subducción Tipo Chileno (Según Cloos y Shreve, 1996).

Durante el Cretácico Superior y el Cenozoico, la organización paleogeográfica en esta región de los Andes cambia completamente: el arco magmático se desplazó considerablemente hacia el este, se formó una cuenca de antepaís continental al este del arco, en lugar de una cuenca de retroarco, y una región de antepaís bastante amplia al oeste del arco, como resultado de la migración del arco hacia el este. Esto genera el paso de un régimen extensivo, en el Jurásico-Cretácico Inferior, a un régimen compresivo (Charrier, 2007).

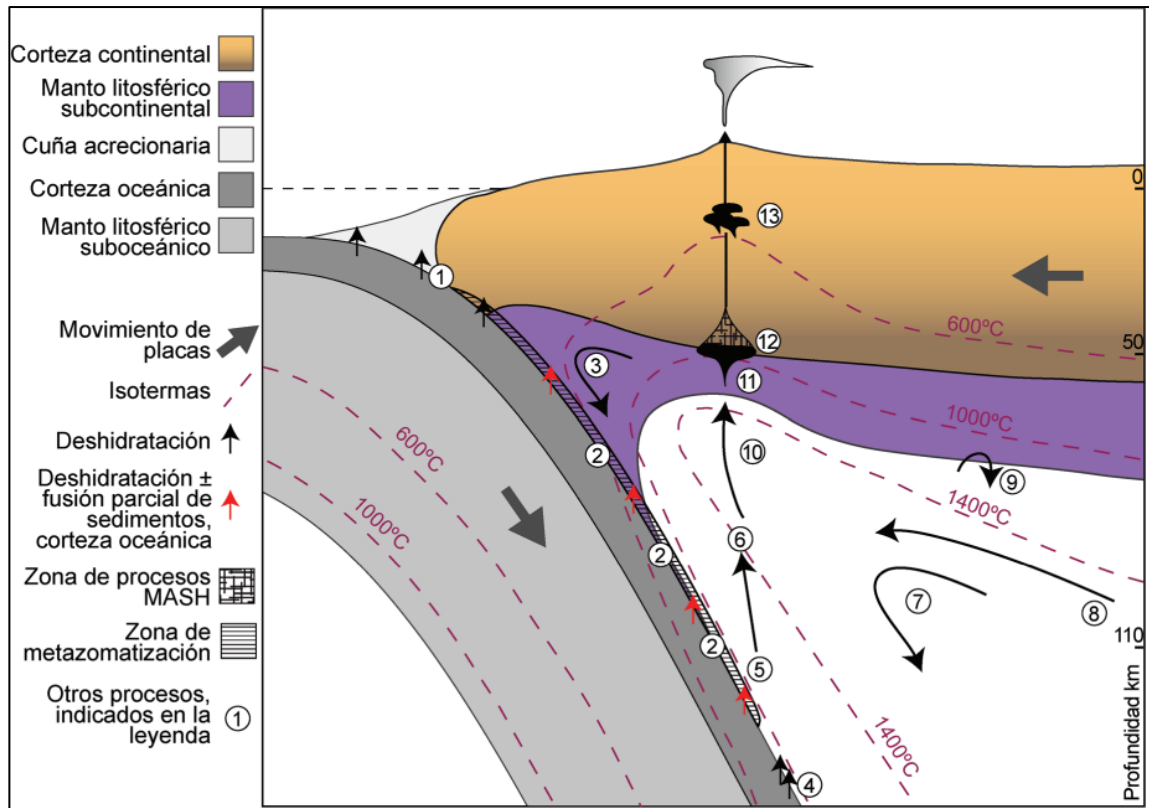


Figura 2.1: Configuración tectónica de los Andes centrales en el centro-norte de Chile.: Figura esquemática de un margen continental activo y los principales procesos que afectan la composición y evolución de los magmas formados en estos ambientes. Procesos asociados a la deshidratación de la losa oceánica subductada: (1) deshidratación y pérdida de fluidos en el antearco, (2) deshidratación e hibridación del componente de subducción y del manto, (3) arrastre del manto metazomatizado inducido por la subducción, (4) deshidratación profunda de distintas fases minerales, (5) inicio de la fusión hidratada del manto por sobre los 1000-1100°C, (6) migración de fundidos a la base de la columna de fusión. Procesos asociados a la fuente mantélica: (7) flujo astenosférico inducido por la subducción, (8) aporte de material a la columna de fusión por advección del manto astenosférico, (9) enriquecimiento de la astenosfera producto de la delaminación del manto litosférico subcontinental, (10) fusión por descompresión a partir de, aproximadamente, 60 km de profundidad. Procesos en la litósfera superior: (11) segregación de fundidos a la base de la litósfera sobreyacente, (12) zona de interacción y cristalización de los magmas provenientes del manto en niveles litosféricos profundos (MASH), (13) cristalización y asimilación en zonas corticales someras. Modificado Richards (2003).

La característica distintiva de los Andes Chilenos, respecto a otras cadenas montañosas en el mundo, es la existencia de un enorme volumen de rocas ígneas generadas a lo largo de su historia geológica. Esto ha logrado que los Andes hayan sido llamados como “una cadena montañosa magmática” (Zeil, 1979) o un “orógeno volcano-plutónico” (Sillitoe, 1976). La mayor parte de los depósitos metálicos tienen una relación inherente y temporal con la actividad magmática y el origen de su contenido metálico se atribuye a procesos relacionados a la subducción a profundidad.

Según Sillitoe (1996), Los Andes chilenos tienen una mineralización principalmente de metales calcófilos, como Cu, Mo, Ag, Au, Zn, Pb. Estos son metales que se asocian típicamente a magmas calcoalcalinos o alcalinos, y oxidados derivados de una fuente ígnea máfica subcortical. Este es el tipo de magmas dominante en arcos magmáticos cordilleranos, como son Los Andes, donde se originan por fusión parcial de materiales máficos de la cuña de manto astenosférico sobre la placa en subducción (James et al., 1971; Dostal et al., 1977; Hawkesworth, et al., 1979; Pearce, 1983; Harmon et al., 1984; Thorpe et al., 1984).

La fusión parcial del manto es inducida por el flujo de fluidos derivados de la deshidratación de la placa oceánica en subducción hacia las rocas astenosféricas sometidas a altas presiones y temperaturas. Solo en posiciones de tras-arco donde se producen fajas de rocas plegadas y fallamiento inverso, existen condiciones para la fusión de corteza. Una característica particular de los magmas graníticos, generados en zonas de subducción, es que ellas contienen varios porcentajes de “agua” desde etapas tempranas de su desarrollo (Burnham y Ohmoto, 1980; Burnham, 1981; Ishihara, 1985; Whitney, 1988). El agua aumenta significativamente la solubilidad de compuestos metálicos en magmas en comparación con magmas secos de la misma composición. Burnham (1981) destaca que esta es probablemente la razón porqué muchos depósitos metálicos están asociados a granitoides en cadenas orogénicas formadas en márgenes convergentes, como Los Andes.

## **2.2.- Geología estructural regional**

En la Cordillera de la Costa, en el norte de Chile, rocas intrusivas y volcánicas están siendo cortadas por el Sistema de Fallas de Atacama (Figura 2.2). Este Sistema de Fallas, constituye una de las estructuras fundamentales del antearco del Norte de Chile y se extiende, alrededor de 1100 km, desde los 20°30' hasta los 29°45' (Mpodozis y Ramos, 1990; Scheuber y Reutter, 1992; Brown et al., 1993). Se le ha atribuido su origen a una convergencia oblicua durante el Cretácico Inferior entre las Placas de Aluk Y Sudamericana a (Scheuber y Andriessen, 1991). Respecto a su cinemática, se extiende durante el desarrollo del arco magmático, como un sistema de falla transcurrente sinistral, ligado a una subducción. Por otro lado, la actividad más tardía de este sistema de fallas de Atacama se ha caracterizado como Tipo vertical-normal (Arabasz, 1971; Hervé, 1987).

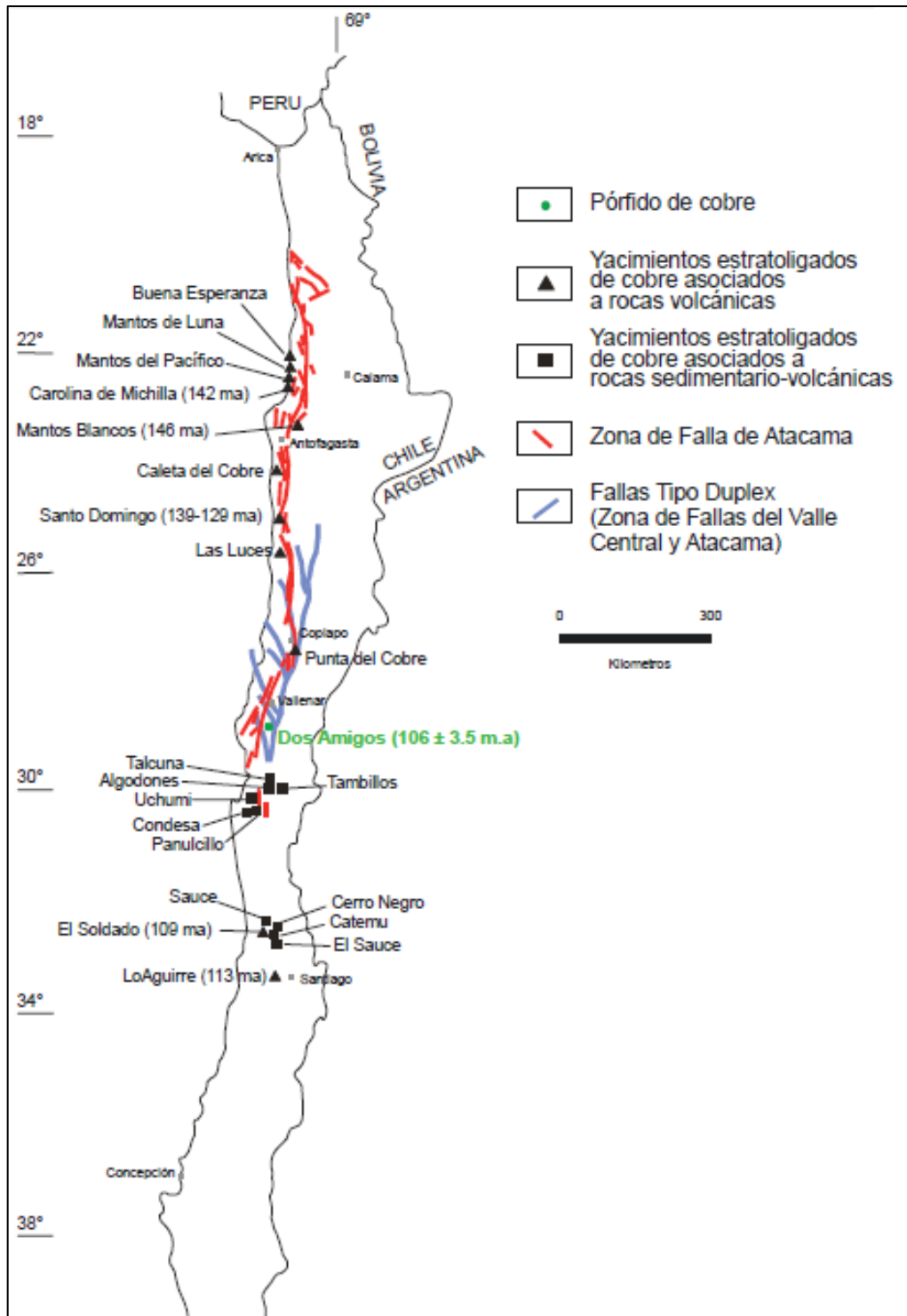


Figura 2.2: Se representan las principales fallas regionales del norte de Chile. Se muestra la Zona de Fallas Atacama y el sistema de fallas tipo duplex, zona de falla del Valle Central (modificado de Camus (2003) y de Randall et al., (1996), Almonacid., 2007).

En el sector de Vallenar, en el dominio de la Cordillera de la Costa, se reconocen fallas extensionales, entre ellas, la Falla Agua de los Burros, que junto a otras fallas paralelas de gran extensión (mayor a 10 km), de orientación NNE, marcan el contacto entre el Grupo Chañarcillo y la Formación Cerrillos (Arévalo et al., 2009).

Según Moscoso (1979), plantea que la Falla Agua de los Burros, y su sistema asociado, corresponde a una falla inversa, de vergencia oeste, que sobrepone al Grupo Chañarcillo sobre el Grupo Bandurrias, y a la Formación Cerrillos sobre las secuencias del Cretácico Inferior. Presenta una dirección NS-NNE (Moscoso, 1977, 1979; Moscoso et al., 1982; Moscoso y Mpodozis, 1988).

Arévalo (2009), identifica la Falla Agua de los Burros como un sistema longevo y sugiere que su actitud comenzaría en el Albiano-Campaniano, además, la interpreta como una falla normal de vergencia este. No obstante, esto no explica la presencia de una geometría de anticlinal, de vergencia este, en el bloque occidental de la Falla.

Por otro lado, Salazar (2012), en consideración de las geometrías en ambos lados de la Falla Agua de los Burros, interpreta la Falla como una normal, de vergencia oeste, que controló la acomodación del Grupo Chañarcillo, y que posteriormente, fue reactivada como una falla inversa, plegando levemente los Estratos del Ensamble Santa Juana. Esta inversión tectónica, estaría limitada por la edad de las Gravas de Atacama, de edad miocena, que cubren en discordancia angular a la traza de la falla.

En el sector occidente de la Falla Agua de los Burros afloran rocas sedimentarias marinas y volcánicas del Jurásico Superior al Cretácico Inferior, las cuales, presentan una geometría en forma de anticlinal, de vergencia este, producidos por fallas inversas de vergencia oeste. Por otra parte, al oriente de la Falla Agua de los Burros, afloran potentes secuencias volcánicas del Cretácico Superior y se disponen en un suave sinclinal, con eje de orientación NE.

### **2.3.- Metalogénesis**

El norte y centro de Chile presenta varias Franjas Metalogénicas longitudinales (Figura 2.3), expuestas de N-S, que tienen características distintivas respecto a edad, posición geográfica y tipos de mineralización (Maksaev, 2001). Estas Franja Metalogénicas son: Carbonífero Superior a Triásico, Jurásico, Cretácico Inferior, Cretácico Superior, Paleoceno a Eoceno inferior, Eoceno Superior-Oligoceno Inferior y Neógeno (Mioceno tardío- Plioceno temprano).

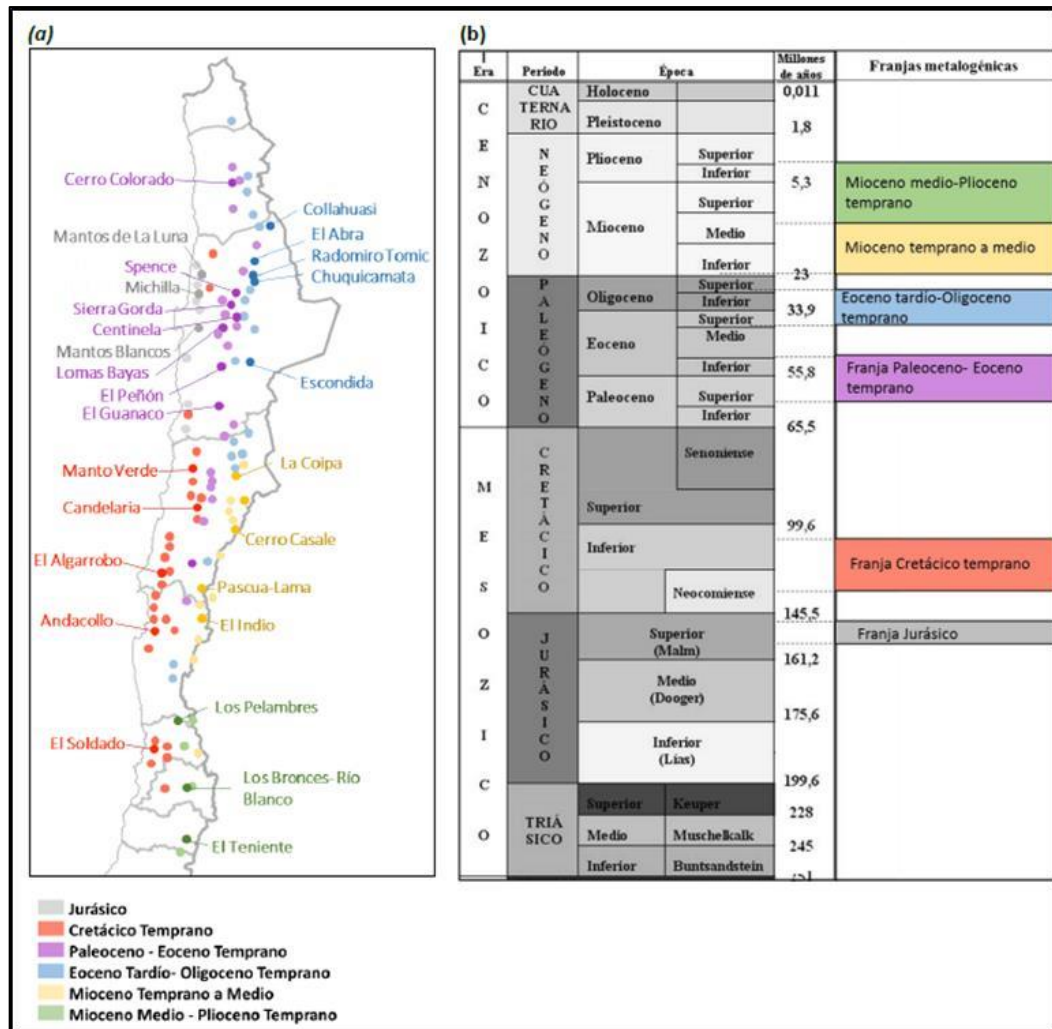


Figura 2.3: Mapa de ubicación de las principales franjas metalogénicas. (a) Se observa la ubicación de las franjas metalogénicas en el norte y centro de Chile, indicando los principales yacimientos y prospectos presentes; (b) Escala de tiempo geológico mostrando el periodo de generación de yacimientos asociados a cada franja (Maksaev et al., 2007).

### 2.3.1 Franja Metalogénica del Cretácico Inferior

A lo largo de la Cordillera de la Costa del norte de Chile, entre los 22° y 34° de latitud sur, existe un variado conjunto de tipos de depósitos metalíferos, entre ellos pórfidos cupríferos, depósitos de óxido de Fe-Cu-Au (IOCG), depósitos de óxido de Fe-apatito y depósitos estratoligados (Maksaev y otros, 2007), los cuales, se encuentran asociados a rocas del Cretácico Inferior.

Entre los 26° a 31°S, existen muchos yacimientos de Fe (magnetita-apatito) hospedados en rocas volcánicas del Cretácico Inferior en sectores aledaños a intrusivos dioríticos a granodioríticos del Albiano. Estos depósitos ferríferos están dentro del dominio del segmento meridional del Sistema de Fallas de Atacama Cerro Imán (Vivallo et al., 1994),

Cerro Negro (Vivallo et al., 1993), Bandurrias, Boquerón Chañar, Algarrobo (Montecinos, 1983), El Tofo, Romeral (Bookstrom, 1977). Por otra parte, en la misma zona donde se presentan los yacimientos de Fe-apatito existen también yacimientos de óxido de Fe (Cu-Au) como Candelaria y Manto Verde (Vila et al., 1996) y otros menores del distrito Punta del Cobre (Marschik y Fonbote, 1996).

Esta Franja Metalogénica también incluye algunos pórfidos cupríferos, en donde, la mayoría se clasifican como subeconómicos, a excepción de Andacollo, que es el único que está en explotación (Reyes, 1991; Oyarzun et al., 1996). Además, existen indicios menores de mineralización de cobre y de oro, ligados al mismo contexto, particularmente en la periferia de los cuerpos ferríferos o en la zona de la Falla de Atacama.

En la zona central de Chile y Norte Chico existen igualmente depósitos estratoligados de cobre, en donde, los de mayor volumen están hospedados por rocas volcánicas y rocas sedimentarias volcanoclásticas del Cretácico Inferior.

#### **2.4.- Recursos mineros.**

Recurso minero es un concepto amplio que implica cualquier concentración natural de un sólido, líquido o gas en la corteza terrestre, y cuya extracción es actual o potencialmente factible. La localización, tonelajes, contenidos, características geológicas, y el grado de continuidad de la mineralización es estimada, conocida, o interpretada a partir de específicas evidencias geológicas, metalúrgicas, y tecnológicas. De acuerdo al grado de confiabilidad existente, los recursos se clasifican en medidos, indicados, e inferidos (USGS, 2011).

Recursos medidos: es aquella porción del recurso minero para el cual tonelaje, densidades, leyes, características geológicas, geometalúrgicas, y geotécnicas han sido estimadas y caracterizadas con un significativo nivel de confianza (USGS, 2011). Se habla de mineral medido cuando se dispone de una información directa tomada de un muestreo detallado de trincheras (calicatas), labores y sondeos. El tonelaje “real” no debería diferir en más de un 20% con respecto al estimado; y en ocasiones el margen de error no debería superar el 5% (Thomas, 1985).

Recursos indicados: es aquella porción del recurso minero para el cual tonelaje, densidades, leyes, características geológicas, geometalúrgicas, y geotécnicas han sido estimadas y caracterizadas con un razonable nivel de confianza (USGS, 2011). También son determinadas por un muestreo, pero esta vez, más disperso y espaciado debido al menor número de evidencia geológicas que se presentan en ciertos sectores del yacimiento. Aquí se realizan más inferencias geológicas. Estos lugares generan una malla de información tal que la continuidad y caracterización geológica, así como el contenido de metal puede ser estimado con un aceptable grado de confiabilidad (Oyarzún, 2011).

Recursos inferidos: es aquella porción del recurso minero para el cual las estimaciones de tonelaje y ley están afectas en exactitud y precisión debido a muestreos fragmentarios,

limitados, y a percepciones asumidas sobre su continuidad geológica, y a extrapolaciones de carácter más bien subjetivo sobre la naturaleza de los controles de la mineralización (USGS, 2011).

Por otra parte, las reservas mineras son aquella porción del recurso medido o del recurso indicado económicamente extraíble de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico, y financiero derivado de un plan minero. La reserva minera incluye pérdidas y diluciones con material ajeno, circundante a esa porción de recurso, y que lo contamina por efectos de la extracción minera. La evaluación realizada puede provenir de estudios de pre factibilidad o factibilidad en el cual condiciones realistas, al momento de la evaluación, incluyen factores geológicos, metalúrgicos, geotécnicos, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones deben justificar la viabilidad extractiva y secuenciada, técnica, y económicamente, al momento en que ellas son informadas. (USGS, 2011).

Finalmente, una estimación de recursos consiste en definir un volumen, al cual se le aplica una ley y una densidad (peso específico): Este cálculo está definido por la siguiente fórmula  $T=A*P*PE$ , donde, T: tonelaje del sector del depósito bajo evaluación; A: el área de visualización 2D del sector del depósito bajo evaluación, P: sección vertical del cuerpo mineralizado; y PE: el peso específico de la roca mineralizada. Si al resultado le aplicamos una ley concreta, entonces tendremos toneladas con una ley específica. No obstante, primero debemos calcular la ley media de un sondeo o una calicata, ya que generalmente la ley se comporta variable en tramos, por esto la necesidad de calcular una ley media ponderada. Si se tienen diferentes tramos con distintas leyes cada uno, la ley media ponderada se calcula sumando todos los productos entre la ley de un tramo y su distancia respectiva y posteriormente se divide en la distancia total bajo análisis. (Oyarzún, 2011).

## 2.5.- Marco geológico regional

La geología entre los 28° y 29° de latitud Sur, se caracteriza por la presencia de rocas de edad paleozoica al reciente. Estos afloramientos, en gran mayoría, corresponden a una porción de la Cordillera de la Costa. La zona de estudio se conforma por rocas estratificadas mesozoicas, intruidas por extensos plutones del Cretácico inferior al Paleoceno.

El marco geológico regional del Distrito El Churque se recopila de la carta geológica Hoja de Vallenar y parte norte de La Serena (Moscoso R. et al, 1982) (Figura 2.4), además, de la carta Geología del Área Vallenar-Domeyko (Arévalo et al., 2009) (Figura 2.5).

Es destacable mencionar, que se utilizan estas dos Cartas Geológicas, en razón de que se pueda complementar la información, aportar una mejor comprensión a nivel regional de las Unidades presentes, y lograr una mejor interpretación en el siguiente trabajo.

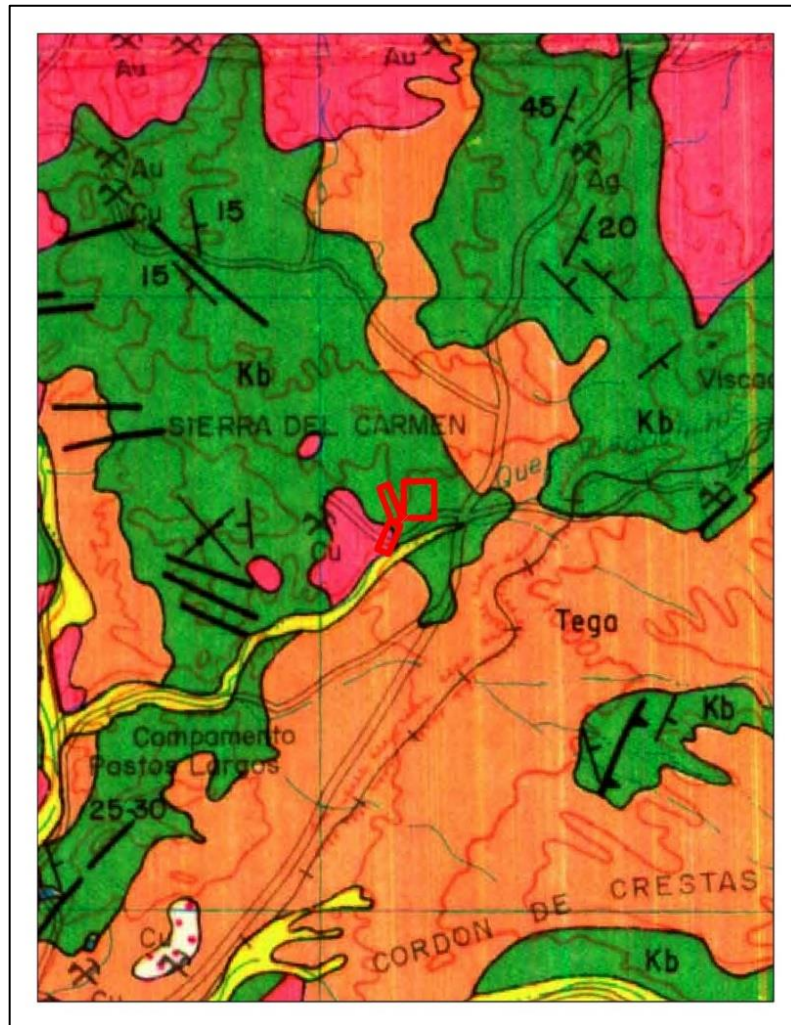


Figura 2.4: Extracto de Hoja de Vallenar y parte norte de La Serena, en donde se aprecia en el centro del mapa, en rojo, a las minas Daniela y Esperanza. Escala 1:60.000. (Moscoso, 1982).

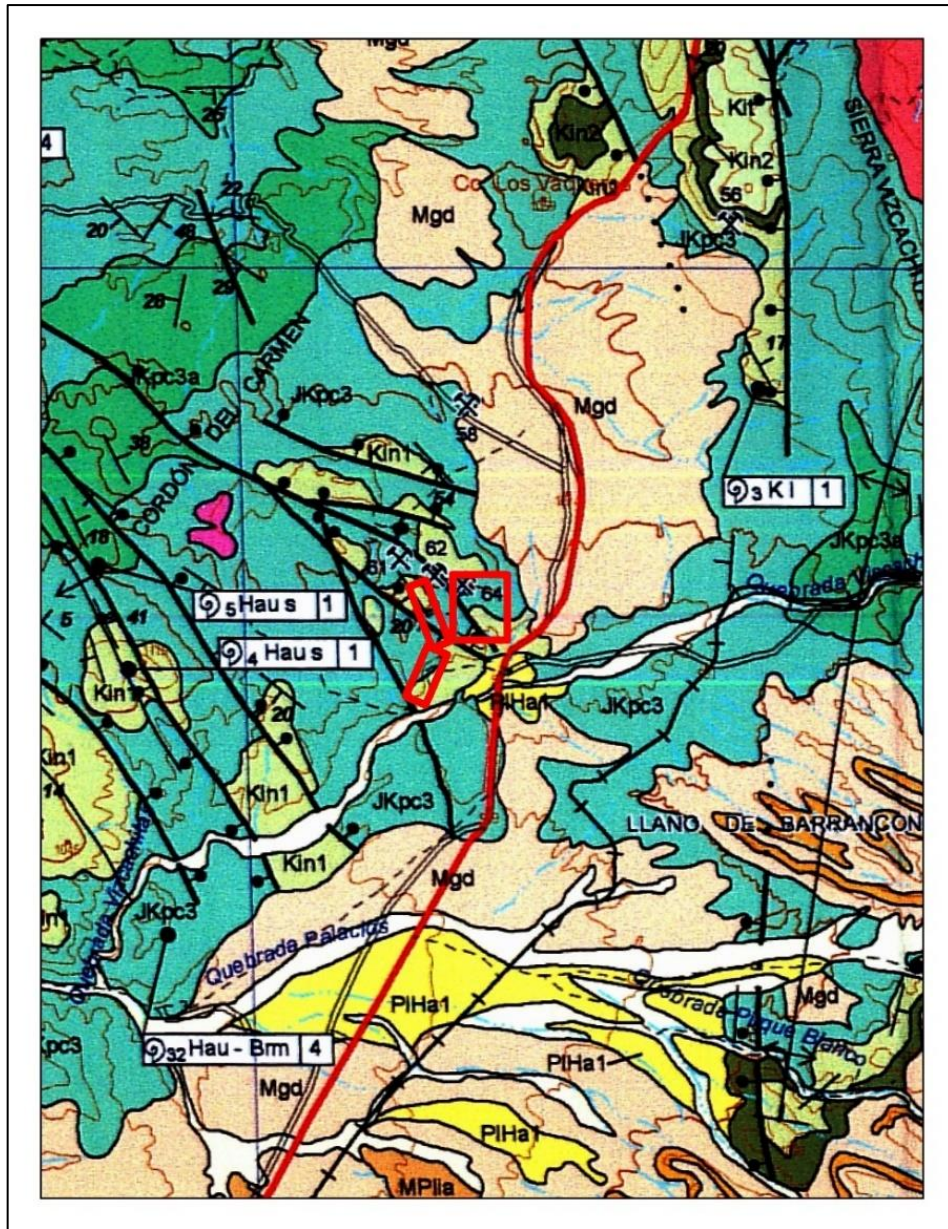


Figura 2.5: Extracto de Hoja de Vallenar y parte norte de La Serena, en donde se aprecia en el centro del mapa, en rojo, a las minas Daniela y Esperanza. Escala 1:40.000. (Arévalo et al., 2009).

### 2.5.1.- Unidades Estratificadas

Presentan afloramientos de rocas sedimentarias marinas, sedimentarias continentales, volcano-sedimentarias y volcánicas, con edades que varían desde el Mesozoico al Cuaternario.

### **2.5.1.1.- Formación Canto del Agua (Triásico medio- Jurásico) (Moscoso, 1979)**

Corresponde a una secuencia de aproximadamente 2100m, formada por sedimentitas marinas, areniscas y conglomerados cuarcíferos, lutitas, calizas brechosas y calcarenitas, portadoras de fauna fósil. Esta Formación sobreyace, mediante discordancia angular y de erosión, a esquistos y filitas de las Metamorfitas de la Costa (Paleozoico) (Moscoso, 1979). Por otra parte, infrayace mediante discordancia angular a brechas andesíticas y a andesitas porfídicas del Grupo Bandurrias.

Las litofacies de la Formación Canto del Agua sugieren su depositación en una cuenca, en donde, las secuencias rítmicas de areniscas y lutitas sugieren una deposición en profundidad, por otro lado, las areniscas cuarcíferas gruesas y conglomerados, con fauna de bivalvos, indican una depositación en aguas bajas, someras.

La fauna recolectada en las diferentes localidades, permiten asignar un rango Triásico medio- Jurásico inferior para la Formación Canto del Agua.

### **2.5.1.2.- Grupo Bandurrias (Cretácico inferior) (Moscoso, 1982)**

En 1960, Segerstrom define esta unidad, originalmente, como Formación Bandurrias, y la describe como una secuencia volcánica, andesítica, “continental”, que presentaba una relación de engrane con el Grupo Chañarcillo. Posteriormente, Moscoso, 1982, eleva la Formación Bandurrias a la categoría de Grupo, considerando a las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa, como unidades locales y menores, dentro del mismo.

El Grupo Bandurrias consiste en un conjunto de rocas volcánicas principalmente, con intercalaciones sedimentarias, clásticas y calcáreas marinas. Esta unidad sobreyace, mediante discordancia angular, a sedimentitas marinas de la Formación Canto del Agua (Triásico medio-Jurásico inferior), e infrayace, mediante discordancia angular y de erosión, a la Formación Cerrillos y a las Gravas de Atacama (Neógeno). Además, se encuentra intruida por extensos plutones de la Franja Central.

La litología de este grupo corresponde, fundamentalmente, en andesitas porfídicas con grandes fenocristales de plagioclasas, en una masa fundamental afanítica; brechas andesíticas; tobas brechosas y areniscas brechosas rojizas.

El Grupo Bandurrias representa un arco de islas volcánicas, que se desarrolló durante el Cretácico inferior, desde Copiapó al sur (Abad, 1976, 1977; Moscoso, 1979).

La fauna recolectada en las diferentes intercalaciones clásticas y calcáreas, marinas, permiten asignar al Grupo Bandurrias una edad, principalmente, Cretácico inferior.

### **2.5.1.3.- Grupo Chañarcillo (Segestrom y Parker, 1959)**

Representa una secuencia de rocas sedimentarias, marinas, constituidas fundamentalmente por calizas fosilíferas, calcarenitas y niveles margosos, que contienen fauna del Cretácico inferior. El Grupo Chañarcillo infrayace, con discordancia angular y de erosión, a conglomerados epi-piroclásticos de la Formación Cerrillos (Cretácico superior) (Segestrom y Parker, 1959). Esta discordancia ha sido reconocida en el área por Abad (1976, 1977, 1980); Moscoso (1977 y 1979) y; Jurgan (1977).

Las litofacies y fauna del Grupo Chañarcillo corresponden a una cuenca de aguas relativamente bajas, estrechamente ligada, a un arco volcánico representado por el Grupo Bandurrias, de posición más occidental. Debido a la numerosa fauna, de este Grupo, encontrada en diferentes localidades, permite establecer un rango de edad comprendido entre el Hauteriviano-Barremiano y, probablemente, el Aptiano.

Biese (1942), estableció al Grupo Chañarcillo en 4 subdivisiones, de base a techo son: Abundancia, Nantoco, Totoralillo Y Pabellón. Posteriormente, Segestrom y Parker (1959), postularon una Formación que infrayace a la Formación Abundancia, proponiendo el nombre de Formación Punta del Cobre.

Cabe señalar que la Formación Abundancia, no se mencionaran en este estudio, debido a que no se encuentran afloramientos en el área, solamente, se destacan en la Comuna de Copiapó y Tierra Amarilla.

### **Formación Punta del Cobre (Valanginiana) (Segestrom y Parker, 1959)**

Formación constituida principalmente por calizas, volcanitas y sedimentos continentales, que han sido agrupados en dos unidades mayores: Grupo Chañarcillo (Segestrom y Ruiz, 1962) y Formación Bandurrias (Segestrom, 1960) o Grupo Bandurrias (Moscoso, 1982).

Según Corvalán (1974), la secuencia total presenta un espesor variable entre 1700 y 2000 metros, y corresponden, básicamente, por rocas clásticas, y por rocas de origen química, principalmente, calizas.

La Formación Punta del Cobre constituye la base del Grupo Chañarcillo, y hacia el oeste, se engranan con la Formación Bandurrias, entre las lavas volcánicas, brechas y areniscas. Además, infrayace, concordantemente a la formación Abundancia, compuesta por 70 metros de calizas y rocas clásticas estratificadas. En consecuencia, se asigna una edad valanginiana para la Formación Punta del Cobre.

### **Formación Nantoco (Hauteriviano superior) (Biese-Nickel in Hoffstetter et al., 1957)**

Corresponde a la secuencia de calizas marinas de mayor espesor expuestas en la región de Copiapó, y se intercala concordantemente entre las Formaciones Abundancia, y Totalillo. El contacto inferior presenta capas de calizas compactas de color grises oscuras, con color de meteorización pardo rojizo con abundantes concreciones ferruginosas, que se disponen sobre areniscas tobáceas gris verdosas de la Formación Abundancia. El contacto superior está marcado por un cambio litológico importante, ya que sobre las calizas compactas de la parte superior de la Formación Nantoco, se dispone una secuencia de lutitas calcáreas muy fosilíferas, que corresponden a la Formación Totalillo.

Según Biese (1942), la unidad se extiende en forma ininterrumpida desde Paipote, por el norte, hasta más al sur de Chañarcillo, y en afloramientos más aislados, al sur del río Huasco.

Por otra parte, Corvalán (1973), propone dos miembros en la Formación Nantoco. El miembro inferior, constituido por calizas compactas, gris claras a oscuras, con escasos fósiles y abundantes concreciones ferruginosas en su parte inferior y media, además, intercalaciones de lutitas calcares, fosilíferas, en su parte superior. El miembro superior, se encuentra constituido por calizas grises oscuras, calizas bituminosas, en parte brechosas, que generalmente, contienen abundante yeso.

En relación a la fauna fósil recolectada en las diferentes capas de la Formación Nantoco, se le asigna una edad de Hauteriviano superior.

### **Formación Totalillo (Barremiano inferior) (Biese-Nickel in Hoffstetter et al., 1957)**

Biese (1942) define esta formación en el valle del río de Copiapó, donde está representada por una serie homogénea de margas de color amarillo a rosado pálido, que contienen abundantes amonites del Barremiano inferior.

La formación Totalillo se distribuyen a lo largo de una franja irregular de 150-180 metros de espesor, de dirección aproximada NNE-SSW, y corresponden a alternancias de lutitas calcáreas y calizas margosas de color gris claro a oscuro.

La base de esta formación, conformada por calizas limosas, sobreyacen en concordancia a las brechas calcáreas del Miembro Superior de la Formación Nantoco, mientras que su techo sobreyace concordante a las primeras capas de chert, calizas y calcilutitas de la Formación Pabellón (Biese-Nickel in Hoffstetter et al., 1957). Además, esta Formación se correlaciona al sur, en el área de Condoriaco-Rivadavia, con los niveles marinos de la Formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa, pertenecientes al Grupo Bandurrias.

Se interpreta que esta Formación se habría depositado en un ambiente de plataforma carbonatada distal, hemipelágica, de acuerdo a la fauna nectónica (amonites). Esta plataforma habría recibido reiteradas e importantes aportes volcánico-detriticos, documentados por las múltiples intercalaciones de flujos de detritos subacuáticos. La composición dacítica-andesítica, vítrea, de los clastos, indica que los flujos corresponden de la erosión de aparatos volcánicos félsicos contemporáneos a la depositación marina.

Covacevich, 1987 y Jurgan, 1997, le asignan una edad entre Hauteriano y Barremiano, basándose en amonites y bivalvos recolectados. Posteriormente, Mourgues, 2012, logra una mayor precisión respecto a la edad de la Formación, asignándole la edad de Barremiano inferior.

Por último, según Arévalo (2009) corresponden a una secuencia bien estratificada de margas amarillas, alternadas con calcarenitas rojizas, brechas y volcarenitas verdosas con niveles bioclásticos.

### **Formación Pabellón (Barremiano superior-Aptiano) (Biese-Nickel in Hoffstetter et al., 1957)**

Esta Formación se distribuye a lo largo de una franja de dirección NNE-SSW. En general, está constituida por calcilutitas limo-arenosas, de estratificación media a gruesa, calcarenitas, arcosas, y abundantes intercalaciones volcánico-detriticas.

La Formación Pabellón está conformada, principalmente, por calizas, según Biese (1942), además, indica que el límite superior presenta contacto concordante con las sedimentitas clásticas continentales y lavas de la Formación Cerrillos, descritas por Segerstrom y Parker (1959). Posteriormente, Corvalán (1974), describe la presencia de capas de chert y numerosas intercalaciones de sedimentos clásticos en esta Formación.

En su base, se observan potentes niveles de chert, de color gris muy oscuro, constituidos en su mayoría por cuarzo microcristalino, con algunas intercalaciones menores de calizas, chert, areniscas de grano fino con cemento calcárea, además, de calcilutitas con estratificación media u nódulos calcáreos, con algunas intercalaciones de calcarenitas bioclásticas ricas en clastos líticos. Hacia el techo de la Formación Pabellón, se reconocen de wackas tobáceas feldespática, compuestas principalmente por fragmentos de cristales de plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo, igualmente, contienen clastos líticos intrusivos.

La Formación Pabellón se habría depositado en un ambiente marino, de plataforma carbonatada inestable, con aportes importantes de material detrítico y volcánico. El tipo de estratificación cruzada *hummocky*, se interpreta como producto de la acción de tormentas, lo que sugiere la existencia de facies neríticas de plataforma (Wilson, 1975). La abundancia de organismos bentónicos, tales como bivalvos, gastrópodos, cefalópodos y equinodermos, indica un paleoambiente submareal poco profundo, con aguas de

salinidad normal (Flügel, 1982). Sin embargo, es probable que la depositación de la porción inferior de la Formación Pabellón se haya producido en un ambiente más profundo, debido a la presencia de depósitos sedimentarios de grano fino, y por la mayor abundancia relativa de amonoides respecto a la porción superior. Estos antecedentes sugieren que la sucesión estratigráfica representaría un evento regresivo o de somerización.

De acuerdo a las dataciones U-Pb en circón, se han obtenido edades para esta Formación, en el área sur de Copiapó, de Barremiano superior (Corvalán, 1974), o en el límite Barremiano-Aptiano (Tavera, 1956).

#### **2.5.1.5.- Formación Cerrillos (Albiano-Coniaciano) (Segerstrom y Parker, 1959)**

Fue definida originalmente en el valle de río Copiapó, y según Segerstrom y Parker, 1959, corresponde a un conjunto de rocas, predominantemente epiclásticas (conglomerados, brechas y areniscas), en su sección inferior, y volcánicas epi-piroclásticas (andesitas, brechas, conglomerados, con intercalaciones calcáreas finas) en su sector superior.

Segerstrom y Parker, 1959, dividieron la Formación Cerrillos en dos miembros, un Miembro Inferior de carácter sedimentario y piroclástico, y un Miembro Superior de carácter, principalmente, volcánico lávico. El Miembro inferior (miembro Checo de Cobre), está compuesto por areniscas tobáceas verdosas en la base, gradando a un espesor principal de aproximadamente 2000 metros de conglomerados tobáceos y en menor proporción areniscas y lutitas calcáreas. El Miembro superior, dispuesto concordantemente sobre el Miembro inferior, es de carácter volcánico y se compone de coladas andesíticas, tobas y brechas, dominando las dos últimas por sobre las coladas.

La Formación Cerrillos sobreyace, con discordancia angular y de erosión, al Grupo Chañarcillo entre los 28° y 29° S y al Grupo Bandurrias, desde los 29,15° S hacia el sur. El techo de esta Formación, en la parte sur, lo constituye la Formación Los Elquinos (Aguirre y Egert, 1965), la cual sobreyace, con discordancia angular. En la parte norte, su techo no aflora, pero en zonas aledañas al área de estudio (hacia el este), la Formación Hornitos (Segerstrom, 1959) la cubre, con discordancia angular y de erosión. Asimismo, esta Formación se encuentra intruida por numerosos stocks graníticos-granodioríticos de la Franja Oriental, es decir, por granodioritas del Complejo Plutónico Domeyko, Complejo Plutónico Pie de Gallo y el Complejo Plutónico Los Morteros. Por otra parte, la deformación exhibida por la Formación Cerrillos es muy variable, compresiva en esta unidad está principalmente reflejada en sistemas de fallas inversas y pliegues contraccionales.

A escala regional, Makshev et al. (2009), han propuesto que la depositación de la Formación Cerrillos ocurrió bajo un régimen compresivo, en una cuenca de antepaís. Estratos de la Formación Cerrillos han sido atribuidos al relleno de una cuenca subsidente, asociada a la fase extensional del Cretácico Inferior alto, descrita por Mpodozis y

Allmendinger (1993) en la zona de Puquios-sierra de Fraga (región de Atacama) y extendida hacia el oeste por Arévalo (2005).

Por último, se le asigna una edad máxima post-aptiana a la Formación Cerrillos, debido que sobreyace, discordantemente, a los Grupos Chañarcillo y Bandurrias, de edad mínima aptiana. No obstante, basados en los hallazgos de restos de dinosaurios en la Formación Viñita, misma unidad que la Formación Cerrillos en base a su litología, se determina una edad maestrichtiana, siendo, por lo tanto, Cretácico Superior, y válida para la Formación Cerrillos.

### **2.5.2.- Rocas intrusivas**

Las rocas intrusivas abarcan aproximadamente el 40% de área, distribuyéndose principalmente en tres franjas, Occidental, Central y Oriental, de dirección NS a NNE. Se encuentra constituida por extensos plutones, cuyas edades varían desde el Jurásico al Paleógeno-Neógeno.

#### **2.5.2.1.- Franja Occidental o Costera (JKt, JKd, JKg, JKgd)**

Esta franja de intrusivos es discontinua y presenta una orientación aproximada NNE. Se encuentra formada por extensos plutones, principalmente tonalíticos, granodioríticos, graníticos y dioríticos, y algunos cuerpos gábricos, que intruyen, preferentemente a las Metamórfitas de la Costa y la Formación Canto del Agua.

En base a los antecedentes disponibles, no permiten precisar una edad a los granitoides que conforman la Franja Occidental o Costera. De acuerdo a sus relaciones estratigráficas, es posible sugerir que gran parte de los plutones son post Jurásico temprano, debido que intruyen a la Formación Canto del Agua, y pre-miocénicos, ya que están, en parte, cubiertos por depósitos marinos de esa edad.

Cercano a la latitud 28°S, estas rocas están en contacto con las de la Franja Central, que las intruyen y que se atribuyen, principalmente, al Cretácico Superior a Paleógeno-Neógeno. Por ende, se sugiere un rango de edad tentativa que va desde el Jurásico temprano a Cretácico Superior, para los granitoides de la Franja Occidental o Costera.

#### **2.5.2.2.- Franja Central (Kt, Kg, Kd, Kgd, Kgb)**

Esta Franja está constituida por extensos plutones, de forma elongada en dirección NS a NNE que, incluyen desde granitos a gabros. Intruyen a la Formación Canto del Agua (Triásico medio-Jurásico Inferior), al Grupo Bandurrias (Cretácico Inferior) y al Grupo Chañarcillo (Cretácico Inferior). Por otra parte, en algunos sectores, los plutones están cubiertos por sedimentos continentales y marinos (Gravas de Atacama y Formación Coquimbo), de edad mio-pleistocena.

Numerosos sistemas de diques, de carácter andesítico, cortan a los intrusivos de la Franja Central. Estos diques, presentan dos sistemas principales: uno de dirección N30° y el otro NS-NNW.

La edad de las rocas de esta Franja, de acuerdo con sus relaciones estratigráficas, es principalmente post-Cretácico Inferior, por intruir a rocas del Grupo Bandurrias (Cretácico Inferior). Dataciones radiométricas (K-Ar) en rocas de esta Franja, establecen, en la parte norte rangos de 148-151 m.a. y 120-128 m.a. (Jurásico Superior y Cretácico Inferior) (Zentilli, 1974). En la parte sur, por otra parte, el rango establecido es de 90-108 m.a. (Curtis, in Aguirre et al, 1974).

La mayor parte de los intrusivos de esta Franja son de edad Cretácica Superior, sin perjuicio de que coexistan plutones más antiguos y más jóvenes. En el caso de los diques de andesita intrusiva, son evidentemente más jóvenes y es probable que correspondan al Paleógeno-Neógeno, ya que, intruyen a la Formación Cerrillos (Cretácico Superior) en la parte sur.

## CAPÍTULO III: GEOLOGÍA DISTRITAL

### 3.1.- Geología local

El área de interés presenta una geología formada principalmente por rocas estratificadas, las cuales, se encuentran cortadas por diques. A continuación, se realiza un mapeo detallado de las diferentes litologías observadas en el sector de estudio y se elabora un mapa del distrito minero El Churque (Figura 3.1).

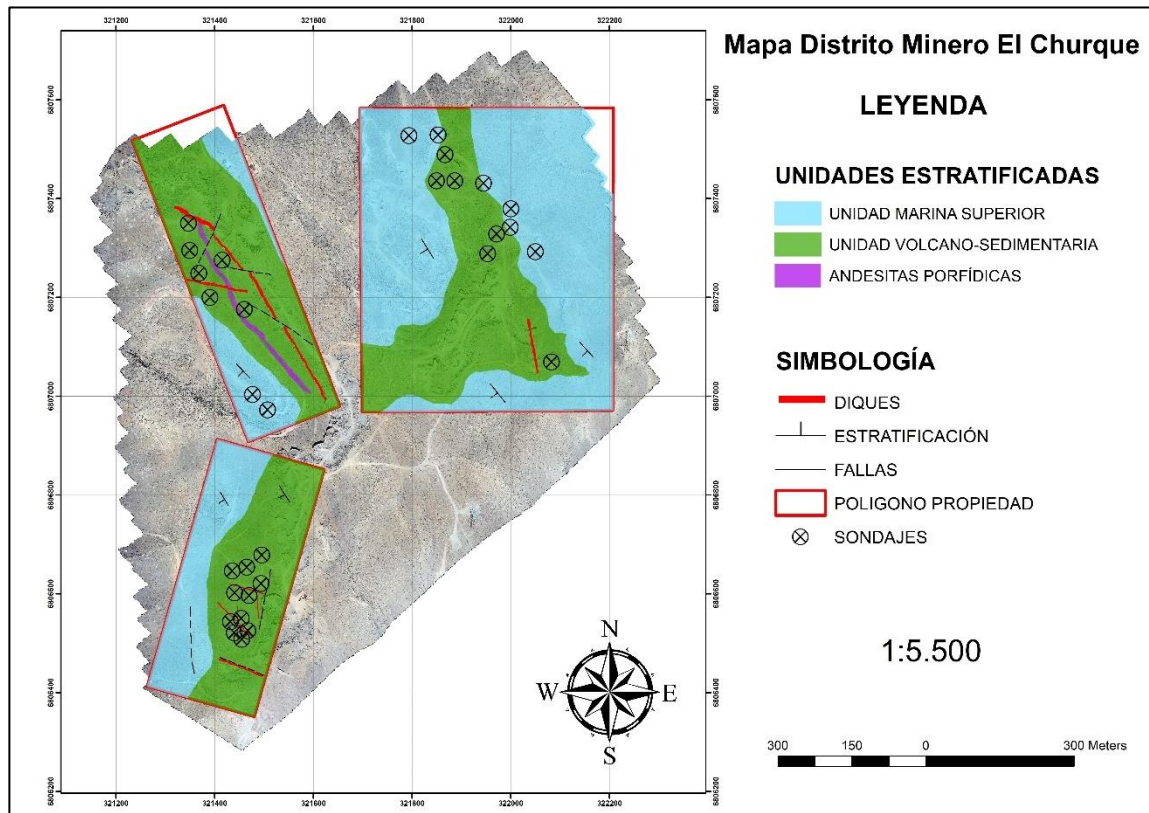


Figura 3.1: Mapa distrito minero El Churque, donde se destacan las diferentes unidades, estructuras y perforaciones en el sector.

#### 3.1.1.- Unidades estratificadas

Las rocas estratificadas se observan en toda el área de estudio, al menos, cubre un 95% del sector. Estas rocas corresponden a una secuencia concordante, de rumbo general N40W, con manteos que varían entre 10° y 20° hacia el SW, además, presenta una potencia de aproximadamente 100 metros. Estas secuencias comprenden a rocas volcánicas, volcano-sedimentarias, sedimentarias continentales y sedimentarias marinas, las cuales corresponden al Grupo Bandurrias (Moscoso R. et al, 1982).

El presente estudio ha dividido estas rocas estratificadas en 4 unidades, a continuación, se describen de acuerdo a lo visto en la campaña de sondajes, levantamiento geológico. De base a techo, son las siguientes: unidad volcano-sedimentaria, y calizas superiores.

### 3.1.1.1.- Unidad volcano-sedimentaria

En esta unidad se distinguen claramente diferentes tipos de rocas estratificadas (Figura 3.2), y gracias a un detallado logueo de los sondajes, se observan las siguientes litologías: calizas inferiores, brecha tobácea rojiza, andesita porfídica, andesita agminaloidal, y brecha volcánica.



*Figura 3.2: Afloramiento de rocas volcano-sedimentarias estratificadas, de rumbo NW, con aproximadamente 10 metros de altura, en donde se observa, a simple vista, óxidos de cobre en forma de lentes.*

#### 3.1.1.1.1- Secuencia sedimentaria marina (calizas inferiores) (CI)

Corresponden a una secuencia de rocas sedimentarias marinas calcáreas, con intercalaciones de sedimentos piroclásticos. Esta secuencia se reconoce como la base de la unidad volcano-sedimentaria, de acuerdo a lo recolectado en la campaña de sondajes, y se observa con una potencia alrededor de los 20 metros.

Petrográficamente, se observa una roca de color gris claro, homogénea, con pequeñas intercalaciones areniscas y clastos volcánicos (Figura 3.3), y una composición estimada de carbonato de calcio cercana al 100%. De manera general, se clasifica a la roca como una caliza, esto concuerda con la clasificación de Correns (1949), por otra parte, según Dunham (1962), se considera a la roca como una mudstone.



*Figura 3.3: Secuencia sedimentaria marina gris, en donde se aprecian una intercalación de areniscas finas a gruesas y andesitas porfídicas, en un orden cada 10-20 cm.*

En relación a las intercalaciones que presenta, corresponden a una arenisca de color gris verdoso, con una potencia de 2 a 10 cm, respecto a los clastos, muestra tamaño de arena de fina a muy gruesa, mayoritariamente angulosos. Por otro lado, también se observa intercalaciones de clastos milimétricos de andesitas.

#### **3.1.1.1.2.- Brecha tobácea rojiza (BT)**

Macroscópicamente corresponden a una roca de color pardo rojizo, de origen volcánico-sedimentario, de acuerdo a su composición de clastos y de la matriz. Estas rocas presentan zonas en donde predomina los clastos tamaño gravas, es decir, mayores a 2mm, y sectores donde predomina los clastos tamaño arena, concretamente, menores a 2mm. En relación a su comportamiento espacial, se encuentran, por lo general, concordantes y sobreyacen a las calizas inferiores, y en forma subordinada, cercanas al techo de esta unidad volcano-sedimentaria.

Petrográficamente, se observa una roca volcano-clástica, de color pardo rojizo (Figura 3.4), con una potencia de 10 metros aproximadamente, respecto a los clastos, se observa un tamaño de grano que varía de 0.5 a 2cm, clastos soportados, que varían de angulosos a subredondeados. En relación a la composición de los clastos, corresponden, en su mayoría a fragmentos líticos, principalmente a andesitas porfídicas. Por otra parte, la roca presenta una matriz de arenisca, con clastos tamaño arena media, la cual reacciona moderadamente al HCL, por ende, indica la presencia de cemento carbonatado.



*Figura 3.4: Brecha tobácea rojiza, en donde se aprecia los clastos angulosos, de aproximadamente 2 centímetros de diámetro.*

De acuerdo a la descripción litológica, al contexto y a la información de la carta geológica de Moscoso (1982), se determina a estas rocas con la denominación de Brechas tobáceas rojizas. En consideración de que algunos sectores predominen los clastos tamaño arena media, es conveniente asignar el nombre de areniscas tobáceas rojizas.

#### **3.1.1.1.3.- Andesitas porfídicas (AP)**

Estas rocas se distribuyen en el sector oeste del área, más precisamente, en la mina Esperanza Franja Norte, y corresponden al 10% de los afloramientos que constituyen este trabajo.

Macroscópicamente se observa una roca ígnea, extrusiva, con un color gris de diferentes tonalidades, y presenta una textura porfídica, y amigdaloidal (Figura 3.5) en algunos tramos. Se observan fenocristales de plagioclasas y hornblendas inmersos en una masa fundamental de textura afanítica de color gris verdoso. Respecto a su composición mineralógica, posee un 80% de plagioclasas, fuertemente alteradas a sericita, y un 20% de minerales máficos, de los cuales, son en su mayoría hornblendas de gran tamaño, aproximadamente medio centímetro. Respecto a las amígdalas, son redondeadas y alargadas, se observan rellenas de clorita, cuarzo, calcita principalmente, y algunos óxidos de hierro, demostrando un tamaño alrededor de 2 mm. En relación a su matriz, presenta magnetismo leve y vetillas polidireccionales de calcita. Por lo tanto, según Streckeisen (1978), se le asigna el nombre de Andesita Porfídica.

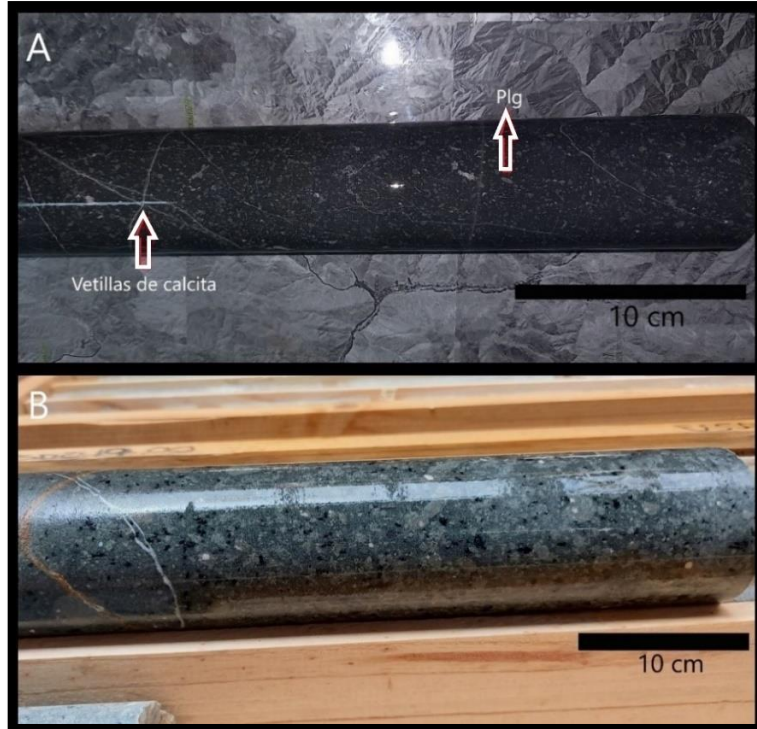


Figura 3.5: A) Andesita con textura porfídica, se observa claramente los fenocristales de plagioclasas, además, presenta vetillas de calcita. Plg: Plagioclasas. B) Andesita con textura porfídica y amigdaloidal.

Cabe señalar, que es normal que esta litología de andesitas porfídicas, se encuentre cortada o limitada, en algunos sectores, por brechas volcánicas, esto se debe mediante a fallas o simplemente por disposición de los mantos.

#### 3.1.1.1.4.- Brecha volcánica (BV)

Corresponden a la roca más importante y sobresaliente de esta unidad volcano-sedimentaria, no solo por lo económico, sino porque en la unidad se presenta en repetidas ocasiones, en forma de mantos con potencias que varían entre 2 a 6 metros, de gran corrida, y en forma subordinada de cuerpos lenticulares. Se encuentra concordantes a las andesitas porfídicas y unidad marina superior (calizas superiores), destacando su presencia, tanto en el techo de la unidad volcano-sedimentaria, como en profundidades cortando a las demás litologías.

Petrográficamente, se observa una roca volcano-sedimentaria (Figura 3.6), de color pardo rojiza, con tonalidades oscuras, en la cual se observa en la matriz fenocristales de plagioclasas sumergidas en masa fundamental, más específicamente, presenta matriz andesítica, con cemento carbonatado. Respecto a los clastos, son subangulosos, varían entre 5 a 0,5 cm de diámetro, y se observa composiciones variables, desde clastos andesíticos mayoritariamente, y en menor proporción, sedimentarios, incluso, piroclásticos. Las alteraciones se observan principalmente en las plagioclasas, alterando a

arcillas, sericita y epidota. Por ende, de acuerdo a todos los antecedentes recopilados y el tipo de ambiente, se le asigna a esta roca como brecha volcánica.



*Figura 3.6: Se observa la brecha volcánica, dando énfasis en los clastos angulosos de composición, principalmente, andesítica.*

Por otro lado, esta unidad es la que se encarga de hospedar minerales ricos en cobre, en forma de óxidos y sulfuros de cobre, además, de manera subordinada presenta plata. En relación al hábito de la mineralización, se observa tanto de manera diseminada fundamentalmente, y de modo más secundaria, en vetillas y rellenando vesículas.

Es importante destacar, que no toda la potencia de la brecha volcánica se encuentra mineralizada, se observa que los mantos mineralizados presentan una potencia de 2-2.5 metros como máximo. Además, la mineralización se aloja principalmente en estos cuerpos o mantos, y en forma esporádica en los cuerpos lenticulares.

### **3.1.1.2- Unidad marina superior (calizas superiores) (CS)**

Corresponde a afloramientos con una tendencia general de N50W; 25SW, y se ubican principalmente, cubriendo casi en totalidad la propiedad de la mina Daniela, al sur de la mina Esperanza Franja Norte, y al Oeste de la mina Esperanza Franja Sur. Esta unidad está definida por calizas impuras, presenta una estratificación bien definida, una potencia aproximada de 40 metros, y es concordante con la unidad volcano-sedimentaria.

Es importante destacar que esta unidad no se encuentra afectada por los diques, por consiguiente, se infiere que es posterior al pulso intrusivo. Posiblemente, esta unidad sedimentaria marina pertenezca al Grupo Chañarcillo.

Macroscópicamente, se observa una roca sedimentaria, quimiógena, de color pardo-grisáceo (Figura 3.7). Se aprecian componentes aloquímicos menores al 10%, y componentes ortoquímicos cercanos al 90%. Presenta una composición aproximadamente al 100% de carbonato de calcio, y se observa una laminación de grado leve a mediano.

Por lo tanto, según Correns (1949) se le asigna el nombre de caliza, por otra parte, según Dunham (1962), se le denomina el nombre de Mudstone.



Figura 3.7: Se observa la Unidad Sedimentaria Marina, con una potencia máxima de 5 metros, en la cual, se utiliza un martillo geológico como escala.

### 3.1.2- Rocas intrusivas

Principalmente las rocas intrusivas expuestas en el área de estudio corresponden a una serie de diques, que presentan una composición diorítica (Figura 3.8). Su dirección preferencial es NW, y de manera secundaria exhiben una dirección E-W. Los diques afloran con una potencia que varía entre 1 a 4 metros, incluso, hasta centimétricos, y presentan una extensión que fluctúa entre los 150 y 500 metros aproximadamente. De igual manera, estos diques intruyen, generalmente, a las unidades volcano-sedimentarias, sin embargo, no afectan a las calizas superiores o a la unidad marina superior que afloran a lo largo de la zona de estudio.

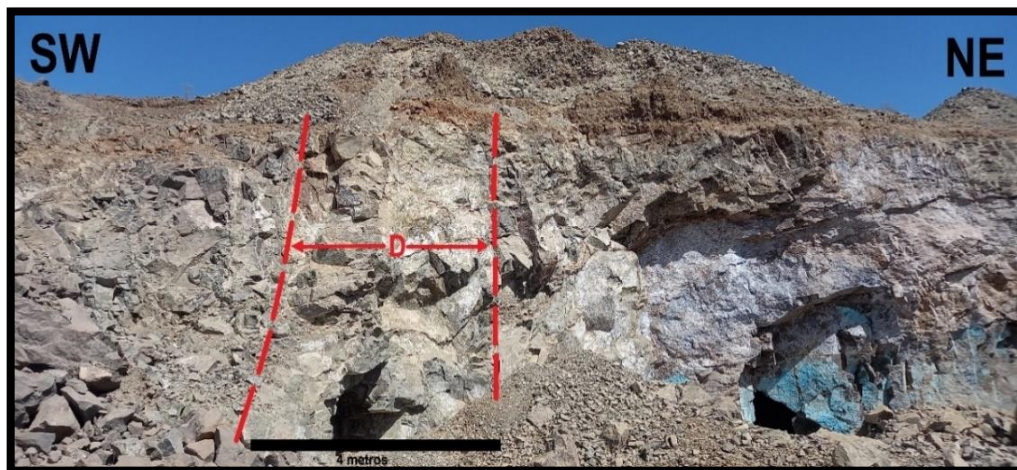
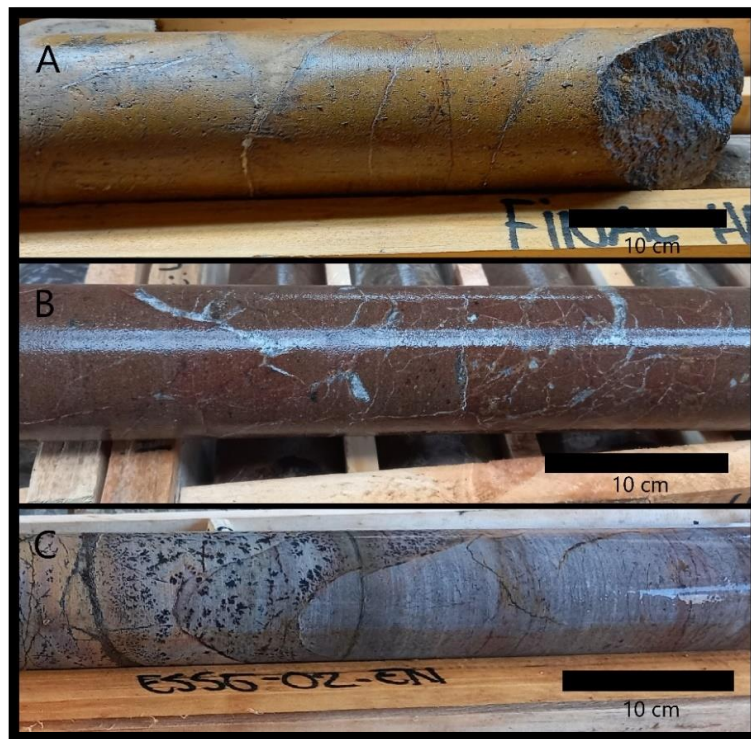


Figura 3.8: Se observa un dique de potencia aproximada de 4 metros, presenta un rumbo NW, y se localiza en cercanías de la entrada a la Franja Norte de Esperanza.

De manera general se observan como una roca ígnea, intrusiva, hipabisal, de color gris a marrón oscuro, presentan textura fanerítica y equigranular, con cristales de tamaño medio a fino principalmente. Respecto a la composición de los minerales de los intrusivos, se observan en su mayoría plagioclasas, alterando a sericita y epidota, y minerales máficos, principalmente hornblenda, además, se aprecia, en menor proporción, cuarzo y ortoclasa. Por otra parte, se observa manganeso en forma de pirolusita, vetillas polidireccionales de calcita y presenta un leve magnetismo.

Debido a la variedad mineralógica que se determina en estos cuerpos intrusivos, se aprecia, en mayor medida, diques microdioríticos (Figura 3.9). Además, es importante destacar y señalar que estos diques se encuentran estériles, es decir, sin presencia de minerales de interés económico.



*Figura 3.9: Se observa las diferentes composiciones de los diques en toda el área de estudio. La figura (A) se aprecia un intrusivo altamente alterado, la figura (B) se observa un dique de composición félsica, con la presencia de vetillas polidireccionales de calcita, y por último, en la figura (C) se entiende por un dique microdiorítico, en el cual se aprecia pirolusita.*

### 3.2.- Alteraciones

Las alteraciones presentes y reconocidas en el área de estudio corresponden principalmente a carbonitización, sericitización, cloritización y silicificación.

La carbonitización se observa de manera moderada, principalmente, en rocas de origen volcánicas, volcano-sedimentarias, y diques. Esta alteración afecta a las plagioclasas que conforman las rocas de dicha naturaleza, además, se encuentra presente rellenando fracturas y vesículas, en forma de calcita (Figura 3.10 (A))

De igual manera, la sericitización se manifiesta levemente en las plagioclasas de rocas de naturaleza volcánica y diques (Figura 3.10 (C)), es muy frecuente encontrar estos dos tipos de alteración en una misma roca. Además, en relación a las plagioclasas, es común, que se encuentren alterando a clorita, y en algunas ocasiones, a epidota.

La cloritización se encuentra fuertemente rellenando las vesículas, y en forma subordinada, en las plagioclasas de los clastos de andesitas, hospedadas en las brechas volcánicas y tobáceas (Figura 3.10 (B)).

Por otra parte, la silicificación se observa restringidamente en las zonas de intrusión de los diques.

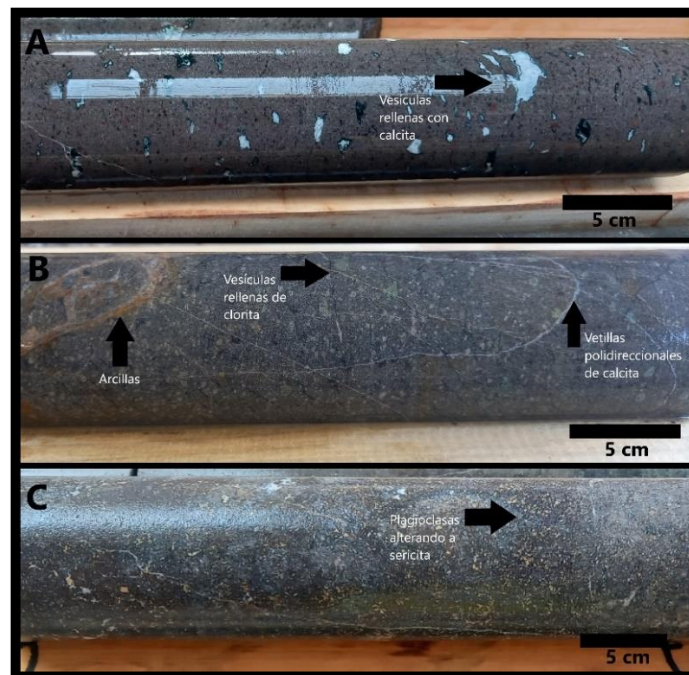


Figura 3.10: Alteraciones observadas en el Distrito Minero El Churque; A) Se aprecia las vesículas rellenas con carbonato de calcio en la Andesita de textura amigdaloidal; B) Se observa una andesita porfídica con presencias de vetillas de polidireccionales, además, vesículas rellenas de clorita, y se aprecian arcillas; C) Se aprecia las plagioclasas alterando a sericita en los clastos de andesita presentes en la brecha volcánica.

### 3.3.-Geología estructural

Dentro del área de estudio, se pueden reconocer dos sistemas preferenciales de fallas, que afectan, en general, a todas las unidades del sector, además, estos sistemas pueden posicionar litologías más antiguas, en contacto con las unidades más jóvenes. Es decir, se reconocen un sistema estructural principal NW, y un sistema estructural secundario N-S.

#### 3.3.1.- Sistema NW

Corresponde a fallas de dirección preferencial N30-40W, con un manteo variable entre 55-70 grados, hacia el SW. Este sistema, se reconoce, en toda el área de estudio, y a la vez, es el más predominante del sector, además, se denomina el sistema principal, debido que coincide con la orientación preferencial de mineralización, y de igual manera, con la estratificación de la roca de caja (Figura 3.11).

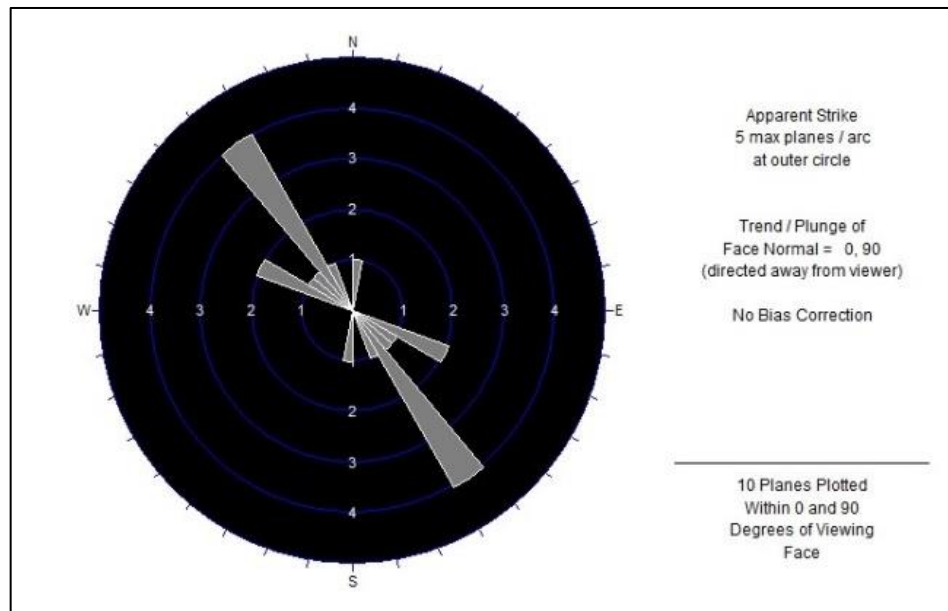


Figura 3.11. Diagrama de rosa, donde se observa la orientación principal de mineralización. El cuerpo mineralizado principal tiene una orientación NW, lo cual concuerda con la estratificación.

Las fallas de este sistema más importantes, afloran en el sector suroeste de la zona de estudio, en donde provoca desplazamientos en la vertical, de aproximadamente 25 metros. Por otro lado, en las divisiones de las minas, más precisamente, en las quebradas que se forma, se observa fuertes alzamientos de casi 40 metros, en donde se pone en contacto litologías más antiguas de la unidad volcano-sedimentaria, con la unidad marina superior.

### 3.3.2.- Sistema NS

Este sistema, es de menor expresión superficial, pero se caracteriza por desplazamientos de poca envergadura, y solo tienen importancia en el desplazamiento del manto mineralizado (Figura 3.12).

Las fallas N-S, afloran en la parte sur de la mina Esperanza Franja Sur, y en una pequeña porción oriental del área de estudio.

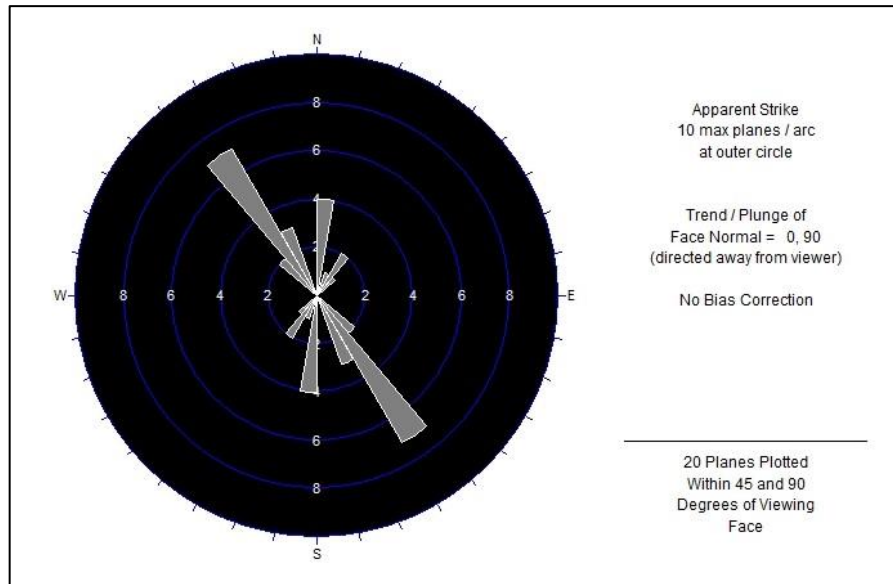


Figura 3.12. Diagrama de rosa donde se observa la orientación principal y secundaria del sistema estructural. El sistema estructural principal tiene una orientación general NW. En cambio, el sistema estructural secundario tiene una orientación N-S.

### 3.4.- Geología económica

En el Distrito minero El Churque, la mineralización de cobre se hospeda en la unidad volcano-clástica, específicamente en brechas volcánicas, además, esta mineralización presenta una morfología mantiforme, es decir, los minerales valiosos se disponen de manera paralela a los estratos.

La zona mineralizada principal, posee un área de aproximadamente 150 m en dirección EW, y alcanza, alrededor de los 200 m en dirección NS. Se observa una potencia media del orden de los 2 m. Cabe destacar, que la continuidad de la mineralización se encuentra interrumpida por diques, los cuales desarrollan alteración en los bordes, y desplazamientos en la vertical, provocados por un sistema de fallas N-S que afecta el área. Por otra parte, existen mantos mineralizados menores, cuya potencia aproximada es de 1 metro y presentan escasa continuidad, estos, se encuentran alojados en los cuerpos lenticulares de brechas volcánicas.

Respecto a la mineralización de cobre, los minerales oxidados corresponden fundamentalmente a crisocola, atacamita y brochantita, los cuales están relleno de vesículas, fracturas, vetillas y, principalmente, diseminados. Por otro lado, como sulfuros de cobre se observa principalmente calcosina, y de manera subordinada bornita, calcopirita y covelina, las cuales, se encuentran diseminado en la masa fundamental de los clastos, relleno de vesículas, y como cemento de los clastos andesíticos (Figura 3.13).

Por último, los análisis químicos revelan mineralización de plata como subproducto, no obstante, no fue posible reconocer minerales de plata macroscópicamente.

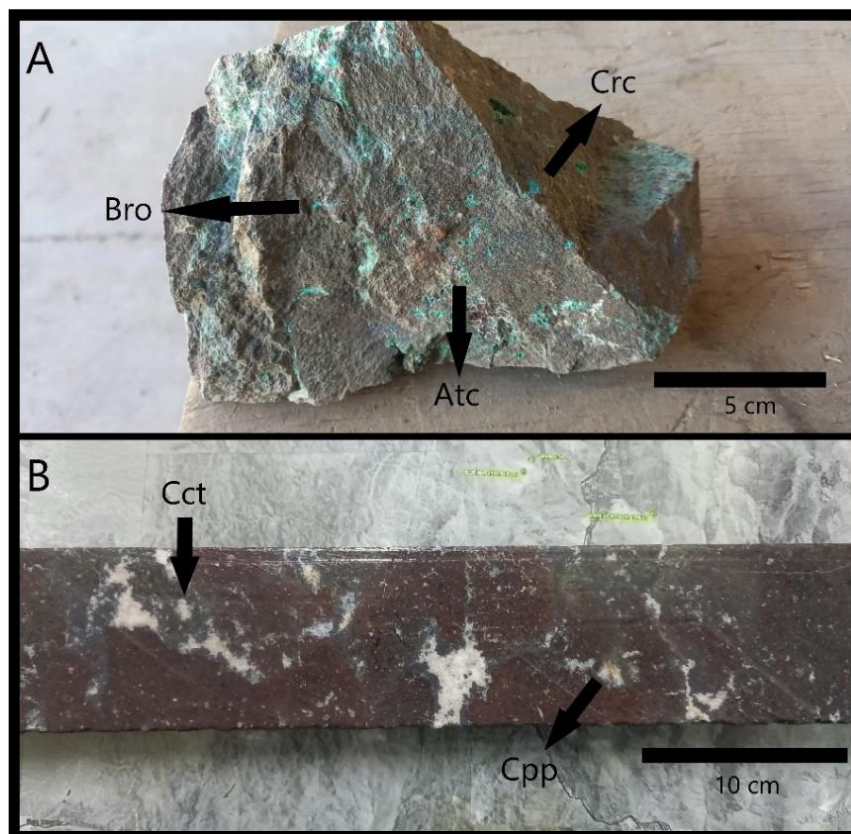


Figura 3.13: Mineralización principal de cobre presente en el distrito minero El Churque; A) Se observan óxidos de cobre como: Atc: Atacamita; Bro: Brochantita; Crc: Crisocola; B) Se destacan sulfuros de cobre como: Cct: Calcosina; Cpp: Calcopirita.

## CAPITULO IV: ESTIMACIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICOS

El interés geológico-minero que presenta el sector El Churque, consiste en mineralización oxidada, sulfurada, y mixta de Cu, además, se observa de forma subordinada Ag, y se encuentra ligados a cuerpos mantiformes volcano-sedimentarios de orientación N40W; 20SW. En consideración a las características morfológicas de la mineralización, en conjunto con los datos estructurales y litología, se dieron blancos prospectivos para la realización de sondajes de diamantina, con el fin de realizar una estimación de recursos a la mina Esperanza Franja Norte-Sur y mina Daniela.

Las variables consideradas para la estimación de recursos, son Cobre total (CuT), Cobre soluble (CuS), Cobre insoluble (CuIns), y Plata (Ag).

### 4.1.- Campaña de sondajes

El método utilizado consiste en sondajes de diamantina (Figura 4.1), el principio de esta perforación se basa en la erosión de las rocas por fricción, como consecuencia inmediata de la rotación y presión de empuje a la que es sometida la corona diamantada contra la roca. La corona diamantada rota en el extremo de las barras de perforación, la abertura de ésta, permite cortar un testigo sólido de roca que se desplaza hacia arriba en la tubería de perforación, se recupera en superficie y se deposita en cajas con sus respectivos metrajes, para su posterior logueo.



Figura 4.1: Equipo de sondaje DRX-700, diámetro NQ, rotación horaria.

La campaña de sondajes realizada en el distrito minero El Churque consiste en 31 sondajes de diamantina cubriendo un área general de 1.2 km<sup>2</sup> (Figura 4.2), y abarca 1110.45 metros de profundidad en total. En la mina Esperanza Franja Norte se realizan 8 sondajes, distribuidos irregularmente en todo el sector mencionado, con una longitud norte-sur de 400 metros, y una longitud este-oeste de 200 metros, además, la totalidad que abarca los sondajes en profundidad, en esta mina, se trata de 389.8 metros. Respecto a la mina Esperanza Franja Sur, se desarrollan 11 sondajes de acuerdo a una malla irregular, abarcando un longitud norte-sur de 200 metros y una longitud este-oeste de 100 metros, en relación a la profundidad total que alcanza los sondajes en esta mina, se generan 357.45 metros. Por último, en la mina Daniela se realizan 12 sondajes ubicados de manera irregular, cubriendo una longitud norte-sur de 500 metros y una longitud este-oeste de 300 metros, además, respecto a la profundidad total que abarca esta mina es de 363.2 metros.

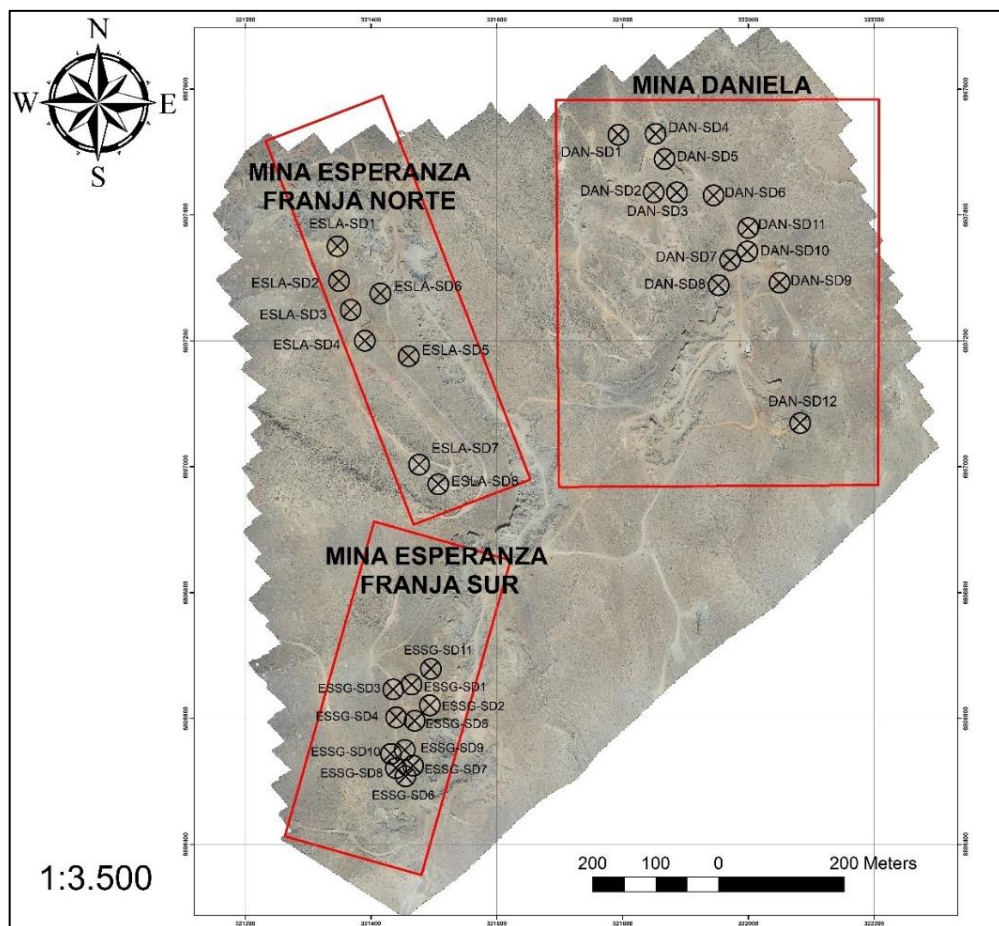


Figura 4.2: Ubicación de los sondajes en las minas pertenecientes al distrito minero El Churque.

## 4.2 Análisis químico de laboratorio

De acuerdo a un detallado mapeo de los sondajes, se seleccionaron tramos mineralizados, los cuales se derivaron a análisis químico en el laboratorio GEOLAQUIM Ltda (Tabla 4.1).

El análisis consiste en la determinación de Cu por E.A.A (Espectrometría de absorción atómica), obteniendo datos de cobre total (CuT), cobre soluble (CuS), y plata (Ag), cabe destacar que, las muestras que den mayor a 1% de CuT, se va a realizar un análisis de consumo de ácido (H<sup>+</sup>).

*Tabla 4.1: Muestras con el análisis realizado por el laboratorio GEOLAQUIM Ltda, Copiapó.*

SONDAJES	CAJAS	MUESTRAS	DESDE	HASTA	CuT	CuS	CuINS	Ag	H	
ESLA-SD1	CAJA N1	M01	0	1.3	0.7	0.7	0	23	0.01	
		M02	1.3	2.7	0.14	0.14	0	7.1	0.01	
		M03	2.7	4.1	0.5	0.5	0	20.6	0.01	
	CAJA N2	M04	4.1	5.1	0.13	0.13	0	4.7	0.01	
		M05	5.1	6.1	0.01	0.13	0	0.8	0.01	
		CAJA N5	M06	15.6	16.6	0.03	0.01	0	1.1	0.01
			M07	16.6	17.6	1.19	0.68	0.51	43.8	27.9
		M08	17.6	18.7	0.32	0.15	0.17	24	0.01	
ESLA-SD2	CAJA N1	M09	2.3	3.3	0.03	0.03	0	1.3	0.01	
	CAJA N3	M10	8.3	9.3	0.34	0.34	0	5.5	0.01	
		M11	9.3	10.3	0.17	0.17	0	2.7	0.01	
		CAJA N4	M12	12.1	13.1	0.04	0.02	0.02	1.5	0.01
	M13		13.1	14.1	0.67	0.37	0.3	15.3	0.01	
	M14		14.1	15.1	0.05	0.03	0.02	1.4	0.01	
	M15		15.1	15.6	0.02	0.01	0.01	0.7	0.01	
	CAJA N5	M15	15.6	16.1	0.02	0.05	0.02	0.7	0.01	
		M16	16.1	17.1	0.07	0.005	0.005	3.9	0.01	
		M17	17.1	18.1	0.01	0.005	0.005	0.5	0.01	
		CAJA N7	M18	26.2	26.8	0.79	0.3	0.49	67.4	0.01
	CAJA N8	M18	26.8	27.38	0.79	0.3	0.49	67.4	0.01	
		M19	27.38	28.38	0.05	0.01	0.04	3.3	0.01	
		ESLA-SD3	CAJA N4	M20	14.3	15.3	0.15	0.15	0	5.4
	M21		15.3	15.4	0.15	0.15	0	3.2	0.01	
CAJA N5	M21		15.4	16.3	0.15	0.15	0	3.2	0.01	
CAJA N6	M22		20.7	21.7	0.1	0.05	0.05	2.2	0.01	
M23	21.7		22.7	0.01	0.005	0.005	0.3	0.01		
CAJA N7	M24		22.7	23.7	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01	
M25	23.7		24.7	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01		
CAJA N8	M26		29.8	30.1	0.45	0.45	0	17.7	0.01	
CAJA N9	M26		30.1	30.8	0.45	0.45	0	17.7	0.01	
M27	30.8	31.8	1.49	0.19	1.3	60.4	131.9			

		M28	31.8	32.8	1.19	0.27	0.92	52.8	106.9
		M29	32.8	33.75	0.07	0	0.07	3	0.01
	CAJA N10	M30	35.3	36.3	0.76	0	0.76	35.4	0.01
ESLA-SD4	CAJA N9	M31	32	32.75	0.18	0.08	0.1	3.7	0.01
	CAJA N10	M31	32.75	33.6	0.18	0.08	0.1	3.7	0.01
ESLA-SD5	CAJA N3	M32	8.4	9.4	0.33	0.33	0	14.9	0.01
		M33	9.4	10.4	0.11	0.11	0	6.6	0.01
		M34	10.4	11.2	0.13	0.1	0.03	10.8	0.01
	CAJA N4	M34	11.2	11.4	0.13	0.1	0.03	10.8	0.01
		M35	11.4	12.4	0.01	0.05	0.005	1	0.01
		M36	12.4	13.4	0.05	0.025	0.025	2.6	0.01
	CAJA N7	M37	22.2	23.2	1.38	0.23	1.15	84.4	107.8
		M38	23.2	24.2	0.93	0.1	0.83	65.1	0.01
	CAJA N8	M39	25.8	26.8	0.64	0	0.64	35.2	0.01
ESLA-SD6	CAJA N2	M40	4.5	5.5	0.08	0.08	0	5.1	0.01
	CAJA N4	M41	11.1	12.1	1.47	1.08	0.39	70.5	15.6
		M42	12.1	13.1	2.19	0.49	1.7	117.7	39.7
	CAJA N6	M43	18.8	20.1	1.4	1.25	0.15	34.9	16
ESLA-SD7	CAJA N13	M44	47.2	48.2	0.14	0.07	0.07	5.8	0.01
		M45	48.2	49	0.16	0.08	0.08	9	0.01
	CAJA N14	M45	49	49.2	0.16	0.08	0.08	9	0.01
	CAJA N16	M46	59.6	60.1	0.74	0	0.74	49.2	0.01
	CAJA N17	M46	60.1	60.6	0.74	0	0.74	49.2	0.01
ESLA-SD8	CAJA N8	M01	32.75	33.1	0.24	0.21	0.03	7.4	0.01
	CAJA N9	M01	33.1	33.75	0.24	0.21	0.03	7.4	0.01
	CAJA N11	M02	41.3	42.3	0.06	0.05	0.01	3.8	0.01
		M03	42.3	43.3	0.26	0.16	0.1	13.3	0.01
		M04	43.3	44.3	0.21	0.08	0.13	8.2	0.01
		M05	44.3	44.4	0.08	0.04	0.04	3.8	0.01
	CAJA N12	M05	44.4	45.3	0.08	0.04	0.04	3.8	0.01
		M06	45.3	46.3	0.06	0.03	0.03	3.3	0.01
		M07	46.3	47.3	0.01	0.005	0.005	0.7	0.01
	CAJA N15	M08	56.3	57.34	0.42	0.07	0.35	38.9	0.01
ESSG-SD1	CAJA N4	M01	15.2	15.9	1.88	1.66	0.22	110.9	12
	CAJA N5	M01	15.9	16.2	1.88	1.66	0.22	110.9	12
		M02	16.2	17.4	1.89	1.65	0.24	117.3	11.1
	CAJA N6	M03	22.3	23.3	1.28	1.18	0.1	39.9	12.4
ESSG-SD2	CAJA N1	M04	1.3	2.3	0.08	0.05	0.03	1.5	0.01
	CAJA N3	M05	8.15	9.55	1.9	1.48	0.42	41.5	16.9
ESSG-SD3	CAJA N1	M06	3.6	4.6	0.09	0.07	0.02	2.3	0.01
	CAJA N5	M07	17.62	18.7	0.83	0.69	0.14	11	0.01
	CAJA N7	M08	24.3	25.3	1.04	0.91	0.13	12.9	24.3
ESSG-SD4	CAJA N2	M09	6.1	7.5	0.04	0.03	0.01	0.5	0.01

	CAJA N3	M09	7.5	7.78	0.04	0.03	0.01	0.5	0.01
	CAJA N7	M10	23.77	24.27	1.27	1.14	0.13	6.4	20.4
		M11	24.27	24.77	0.12	0.09	0.03	0.8	0.01
		M12	26.03	26.25	0.02	0.01	0.01	0.6	0.01
	CAJA N8	M12	26.25	26.76	0.02	0.01	0.01	0.6	0.01
ESSG-SD5	CAJA N 1	M13	2.3	3.3	0.06	0.02	0.04	0.9	0.01
		M14	3.3	4.2	0.04	0.02	0.02	0.2	0.01
	CAJA N2	M14	4.2	4.3	0.04	0.02	0.02	0.2	0.01
		M15	4.3	5.3	0.03	0.01	0.02	0.2	0.01
	CAJA N4	M16	14.3	15.15	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
	CAJA N5	M16	15.15	16.12	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESSG-SD6	CAJA N5	M17	17.4	18.3	1.95	1.64	0.31	11.1	12.7
	CAJA N7	M18	23.3	23.98	0.04	0.03	0.01	0.6	0.01
		M19	23.98	25.28	0.25	0.1	0.15	0.8	0.01
ESSG-SD7	CAJA N6	M20	18.85	19.85	0.41	0.35	0.06	23	0.01
		M21	19.85	21.3	0.02	0.01	0.01	1.5	0.01
	CAJA N7	M22	24.77	25.95	1.94	0.23	1.71	104.9	68.5
	CAJA N8	M22	25.95	25.98	1.94	0.23	1.71	104.9	68.5
ESSG-SD8	CAJA N5	M23	16	17	0.07	0.03	0.04	1.8	0.01
		M24	17	18	0.03	0.01	0.02	0.3	0.01
		M25	18	18.35	0.01	0.01	0	0.2	0.01
	CAJA N6	M25	18.35	19	0.01	0.01	0	0.2	0.01
		M26	19	20	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
		M27	20	20.48	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
	CAJA N7	M28	22.25	23.25	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESSG-SD9	CAJA N8	M29	29.03	30.03	1.08	0.95	0.13	21.4	16.5
ESSG-SD10	CAJA N2	M30	4	5	0.02	0.01	0.01	0.4	0.01
	CAJA N5	M31	17.8	18.8	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
	CAJA N6	M32	20	21	0.02	0.01	0.01	0.2	0.01
		M33	21	22	0.01	0.01	0.01	0.2	0.01
ESSG-SD11	CAJA N1	M34	1.8	2.8	0.03	0.01	0.02	0.2	0.01
	CAJA N3	M35	10.8	11.7	0.52	0.44	0.08	0.4	0.01
	CAJA N4	M35	11.7	11.8	0.52	0.44	0.08	0.4	0.01
		M36	11.8	12.8	0.61	0.2	0.41	0.9	0.01
		M37	12.8	13.8	0.57	0.37	0.2	0.2	0.01
		M38	13.8	14.8	0.35	0.19	0.16	0.2	0.01
		M39	14.8	15.3	0.3	0.15	0.15	0.2	0.01
	CAJA N5	M39	15.3	16.27	0.3	0.15	0.15	0.2	0.01
DAN-SD1	CAJA N3	M01	12.27	13.25	0.13	0.07	0.06	0.4	0.01
	CAJA N4	M01	13.25	13.27	0.13	0.07	0.06	0.4	0.01
		M02	13.27	14.3	0.04	0.02	0.02	0.2	0.01
	CAJA N6	M03	21.3	22.3	0.42	0.29	0.13	2.2	0.01
		M04	22.3	23.3	0.32	0.14	0.18	0.9	0.01

DAN-SD2	CAJA N4	M05	14.3	15.25	0.27	0.2	0.07	11.3	0.01
	CAJA N5	M05	15.25	15.3	0.27	0.2	0.07	11.3	0.01
		M06	15.3	16.3	0.89	0.78	0.11	9.2	0.01
	CAJA N7	M07	23.3	24.3	1.92	1.83	0.09	35.5	13.8
		M08	24.3	25.3	2.57	2.55	0.02	35.8	8.2
		M09	25.3	26.3	0.2	0.18	0.02	3.4	0.01
DAN-SD3	CAJA N5	M10	17	18	0.17	0.12	0.05	1.2	0.01
		M11	18	19	0.93	0.8	0.13	1.4	0.01
		M12	19	19.6	1.47	1.23	0.24	2.1	26.4
	CAJA N6	M12	19.6	20	1.47	1.23	0.24	2.1	26.4
		M13	20	21	0.52	0.43	0.09	2.3	0.01
		M14	21	22	0.08	0.06	0.02	0.7	0.01
	CAJA N8	M15	27.95	28.95	0.48	0.38	0.1	20.2	0.01
DAN-SD4	CAJA N4	M24	12.5	13.5	0.85	0.74	0.11	1.5	0.01
		M25	13.5	14.5	0.64	0.56	0.08	0.8	0.01
		M26	14.5	14.9	0.19	0.17	0.02	1.1	0.01
	CAJA N5	M26	14.9	15.5	0.19	0.17	0.02	1.1	0.01
		M27	15.5	16.5	0.09	0.07	0.02	2.3	0.01
		M28	16.5	17.5	0.16	0.07	0.09	2.7	0.01
		M29	17.5	18.65	0.16	0.09	0.07	3.4	0.01
	CAJA N6	M30	18.65	19.65	0.56	0.46	0.1	6.6	0.01
		M31	19.65	20.65	0.17	0.13	0.04	2.6	0.01
		M32	20.65	21.65	0.11	0.08	0.03	2.2	0.01
DAN-SD5	CAJA N2	M22	7.22	7.45	0.68	0.62	0.06	9.8	0.01
	CAJA N3	M22	7.45	8.22	0.68	0.62	0.06	9.8	0.01
		M23	9.55	10.65	2.03	1.85	0.18	29.6	13.4
DAN-SD6	CAJA N3	M20	8.5	9.5	0.34	0.15	0.19	17.6	0.01
	CAJA N8	M21	27.95	28.95	0.01	0.01	0	0.4	0.01
DAN-SD7	CAJA N2	M16	4.05	5.05	3.33	3.19	0.14	50.9	0.01
		M17	5.05	6.05	2.83	2.72	0.11	80.5	8.5
		M18	6.05	7	2.02	1.84	0.18	10.5	6.2
	CAJA N7	M19	23.25	24.25	0.05	0.04	0.01	0.5	0.01
DAN-SD9	CAJA N1	M09	1.65	2.65	0.72	0.53	0.19	1.9	45.7
		M10	2.65	3.9	0.64	0.5	0.14	1.3	62.7
DAN-SD10	CAJA N2	M01	5.55	6.8	1.1	0.97	0.13	3.3	17.9
DAN-SD12	CAJA N1	M02	2.3	3.3	0.14	0.08	0.06	1.6	0.01
		M03	3.3	4	0.06	0.03	0.03	3.9	0.01
	CAJA N2	M03	4	4.3	0.06	0.03	0.03	3.9	0.01
		M04	4.3	5.3	0.03	0.02	0.01	0.2	0.01

### 4.3.- Modelamiento

La finalidad del mapeo de los sondajes, fue registrar la información que generalmente incluye el % de recuperación, litología, alteración, mineralización, RQD (datos de la calidad de roca), y detalles estructurales, es decir, generar la base de datos. Posteriormente, se realizó el modelamiento de los datos, con el objetivo de encontrar cuerpos o mantos mineralizados, a través de perfiles en el programa AutoCAD y civil 3D, desarrollando triangulaciones, áreas, volumen, toneladas, y finalmente, generar una estimación de recursos.

Debido al mapeo en superficie, subterráneo, la campaña de sondajes y los perfiles desarrollados, se pueden inferir las direcciones preferenciales de mineralización, generar mantos o cuerpos, obtener sus dimensiones y así, proponer una estimación de recursos medidos, indicados e inferidos, los cuales serán descritos posteriormente.

Cabe señalar que se realizaron perfiles N-S y W-E, en relación a su litología y estimación de recursos minerales.

#### 4.3.1.- Perfiles Esperanza Norte

De acuerdo a toda la información recolectada en la campaña de sondajes, se desarrolló un perfil litológico de la mina Esperanza Norte (Figura 4.3), resaltando las principales estructuras que afectan a la zona de estudio. Además, se observa varios mantos de brecha volcánica en profundidad, sin embargo, se reconocieron 2 mantos mineralizados en el proyecto.

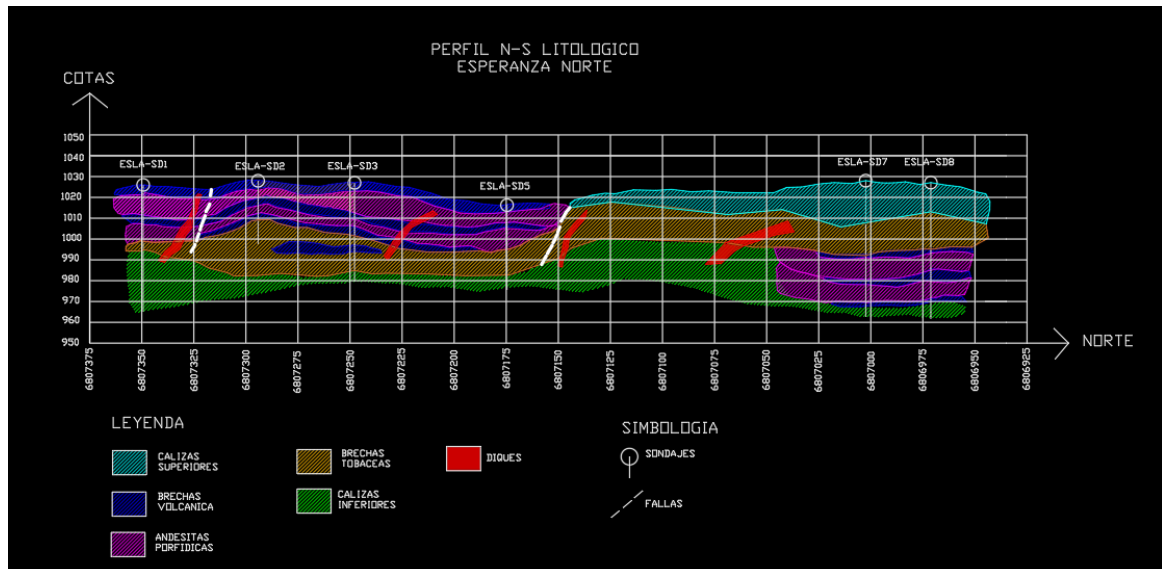


Figura 4.3: Perfil N-S, litológico de la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.

En relación a la estimación de recursos, los perfiles N-S (Figura 4.4) y W-E (Figura 4.5), respecto a óxidos cobre o cobre soluble (CuS), presentan dos cuerpos mineralizados, uno superior y el otro inferior, los cuales no superan los 2 metros de potencia. El primer manto se encuentra, más al norte, aproximadamente en la superficie, esto se debe, ya que una falla está cortando el cuerpo y desplazándolo en la vertical, no obstante, este primer manto se encuentra a los 9-15 metros de profundidad. El segundo cuerpo, se observa más en profundidad, entre 15-20 metros y también se encuentra desplazado por fallas NW.

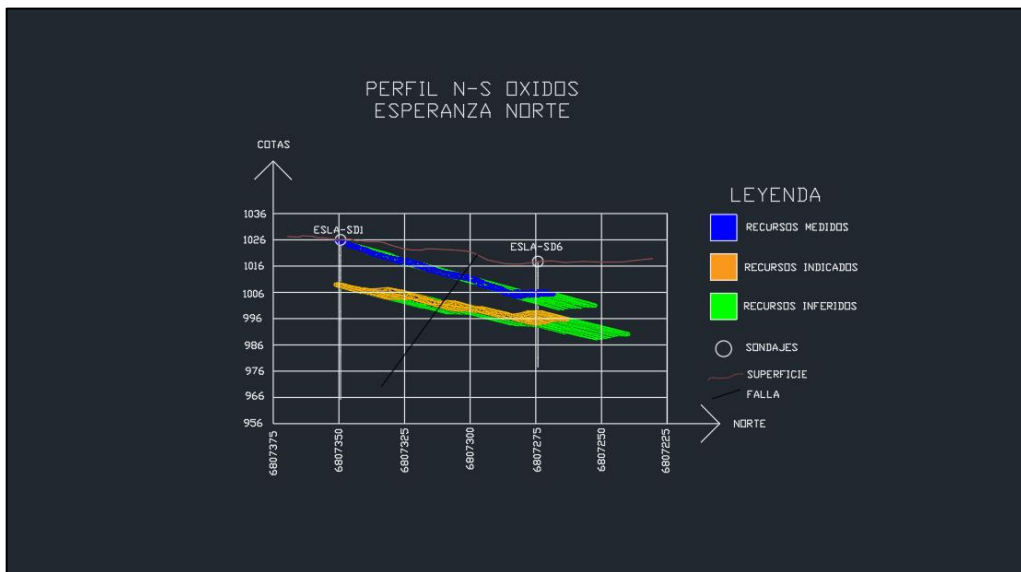


Figura 4.4: Perfil N-S de los mantos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.

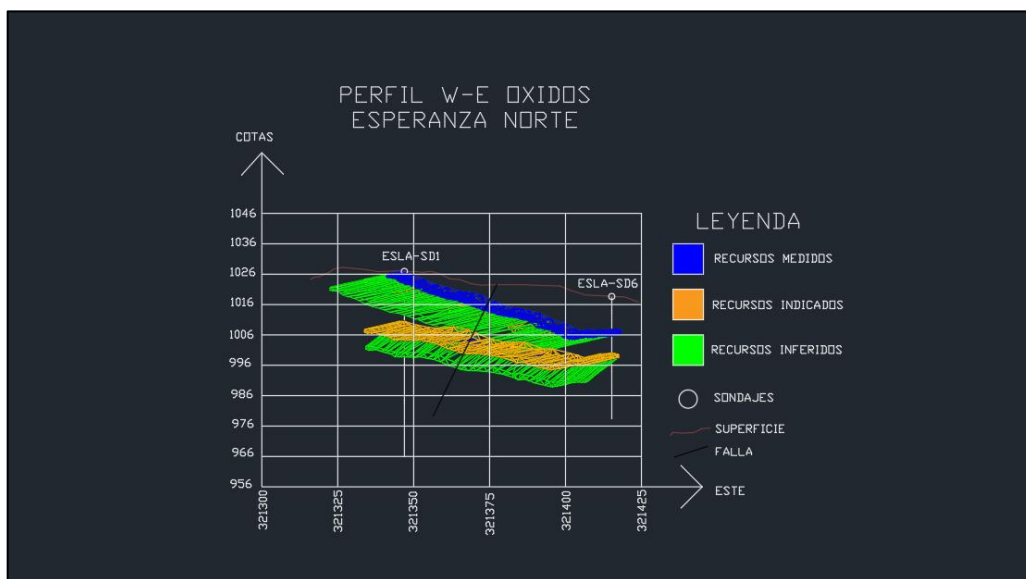


Figura 4.5: Perfil W-E de los mantos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.

De acuerdo a los cuerpos mineralizados con sulfuros de cobre, igualmente, se desarrollan dos mantos, uno superior desarrollado a 20-25 metros de profundidad, y el otro inferior, formándose a 25-30 metros de profundidad en la mina Esperanza Norte. En el perfil N-S (Figura 4.6), se observa una gran corrida del manto inferior, interrumpida por un dique, por lo que se puede interpretar una gran continuidad de ese cuerpo, no obstante, solamente con recursos inferidos.

En el perfil W-E (Figura 4.7), se aprecia de una mejor manera la continuidad del manto inferior rico en sulfuros, por ende, es necesario realizar en diferentes direcciones estos perfiles, para dar distintos puntos de vista que puedan aclarar, aún más, el sistema, en este caso, favorecer a la corrida que presenta.

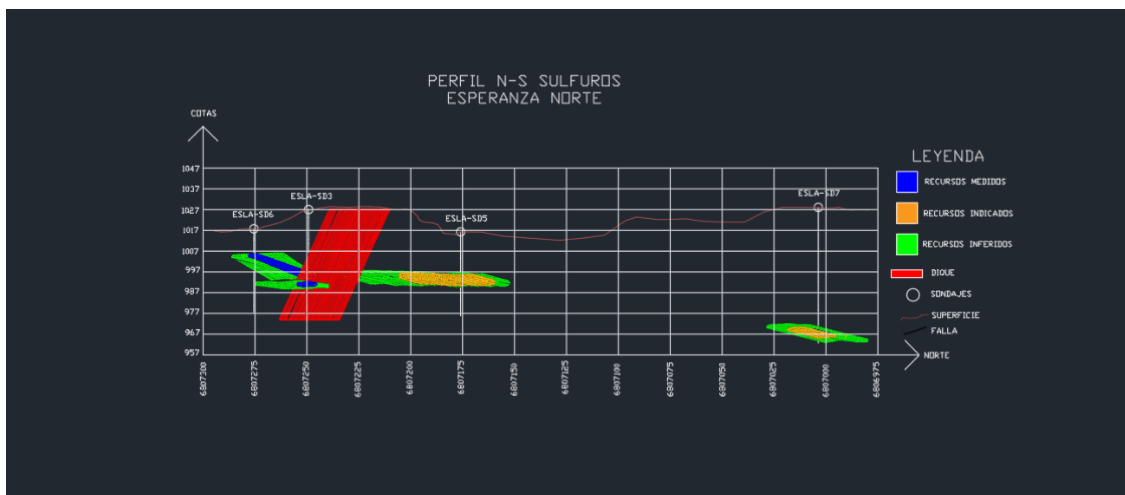


Figura 4.6: Perfil N-S de los mantos mineralizados con sulfuros de cobre en la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.

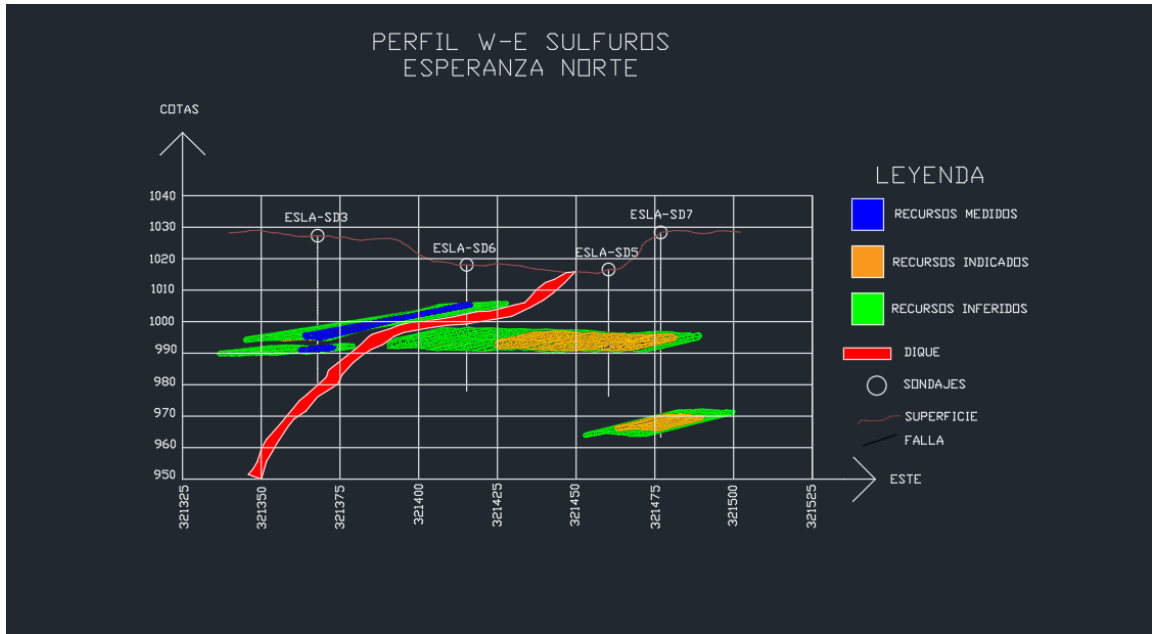


Figura 4.7: Perfil W-E de los mantos mineralizados con sulfuros de cobre en la mina Esperanza Norte. Escala 1:1.

#### 4.3.2.- Perfiles Esperanza sur

Se desarrolla un perfil litológico de la mina Esperanza sur (Figura 4.8), destacando los mantos de brecha volcánica.

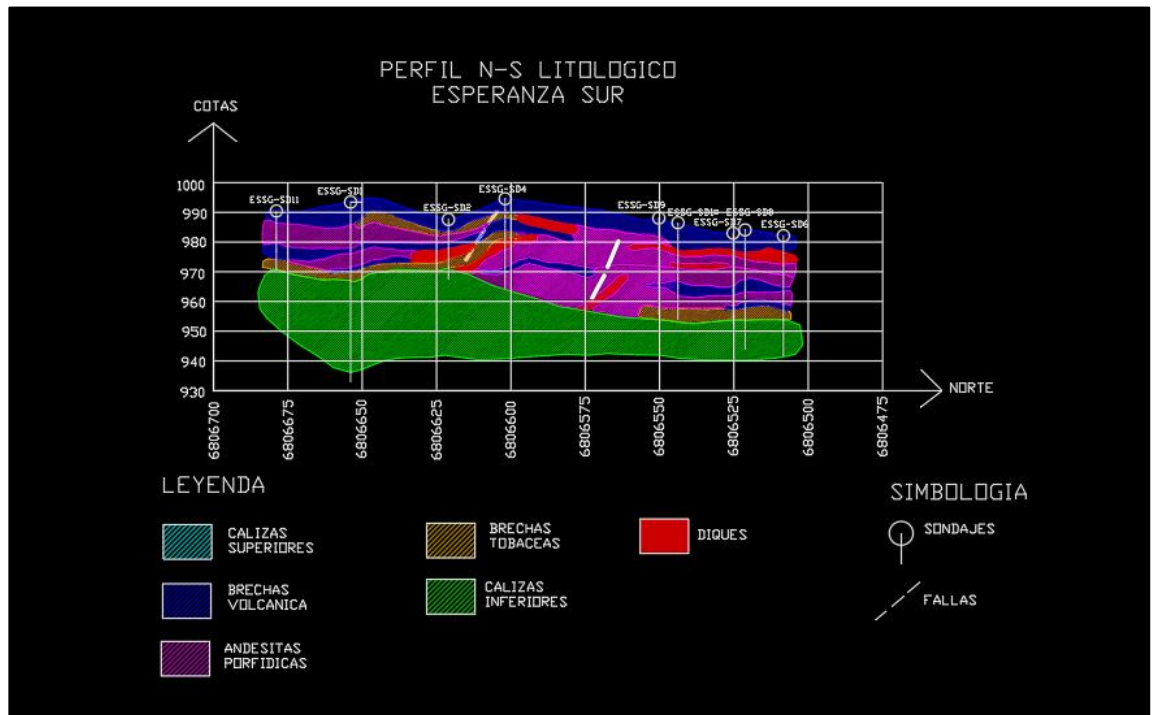


Figura 4.8: Perfil N-S, litológico de la mina Esperanza sur. Escala 1:1.

En el caso de la estimación de recursos, se obtuvieron muy buenos resultados en el caso de los óxidos, generándose dos mantos de gran continuidad, interrumpida en la zona sur de la mina, debido a un enjambre de diques, mencionado en el mapeo superficial del área. En el perfil N-S (Figura 4.9) y el perfil W-E (Figura 4.10), el manto superior se encuentra a 10-15 metros de profundidad, por otro lado, el manto inferior se desarrolla a 15-20 metros de profundidad, además, se infiere una corrida de aproximadamente 350 metros, interrumpida constantemente por diques, por ende, solo se pueden incluir en la categoría de recursos inferidos.

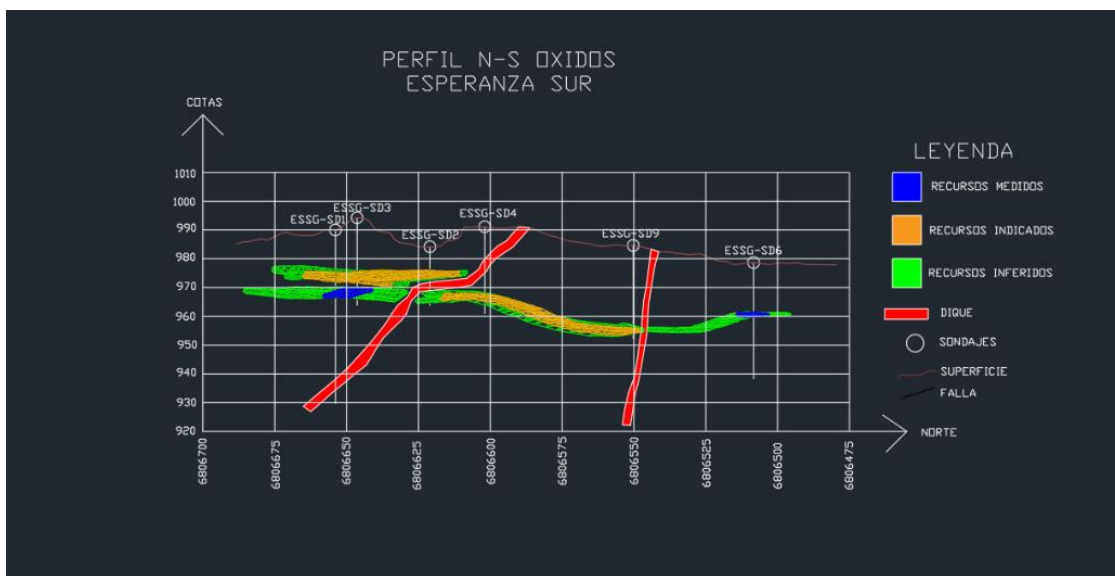


Figura 4.9: Perfil N-S de los cuerpos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Sur. Escala 1:1.

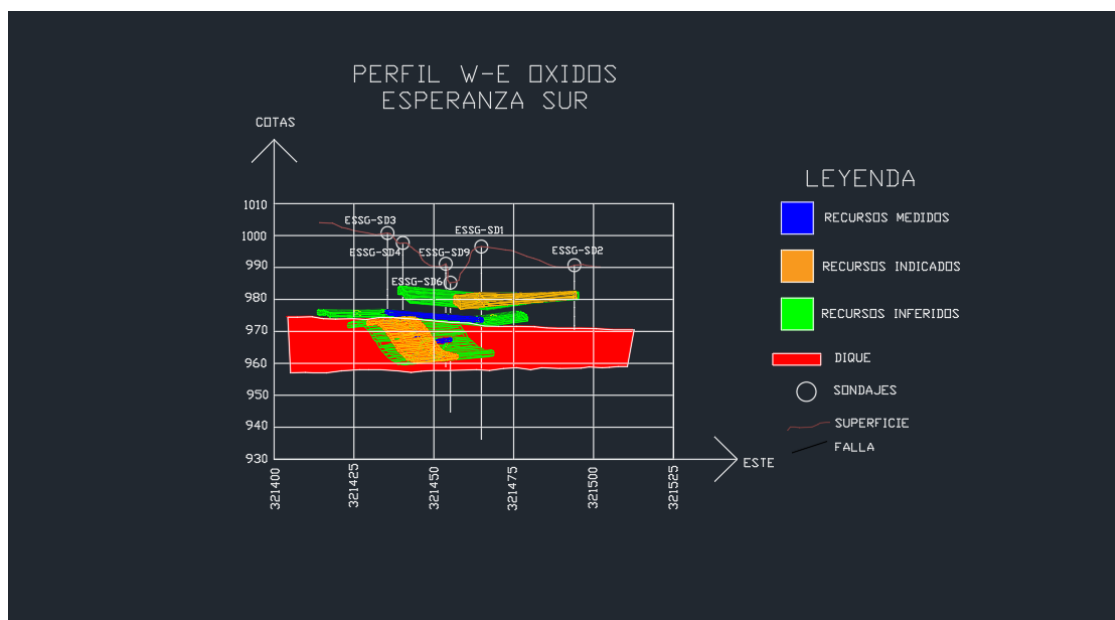


Figura 4.10: Perfil W-E de los cuerpos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Sur. Escala 1:1.

En relación al cobre insoluble o sulfuros, en el perfil N-S (Figura 4.11) y W-E (Figura 4.12), sólo se encontró un cuerpo mineralizado principalmente con calcosina, el cual no se le puede inferir o indicar una mejor dimensión, debido que se encuentra en la zona sur de la mina Esperanza Sur, limitado por diques de dirección NW y N-S.

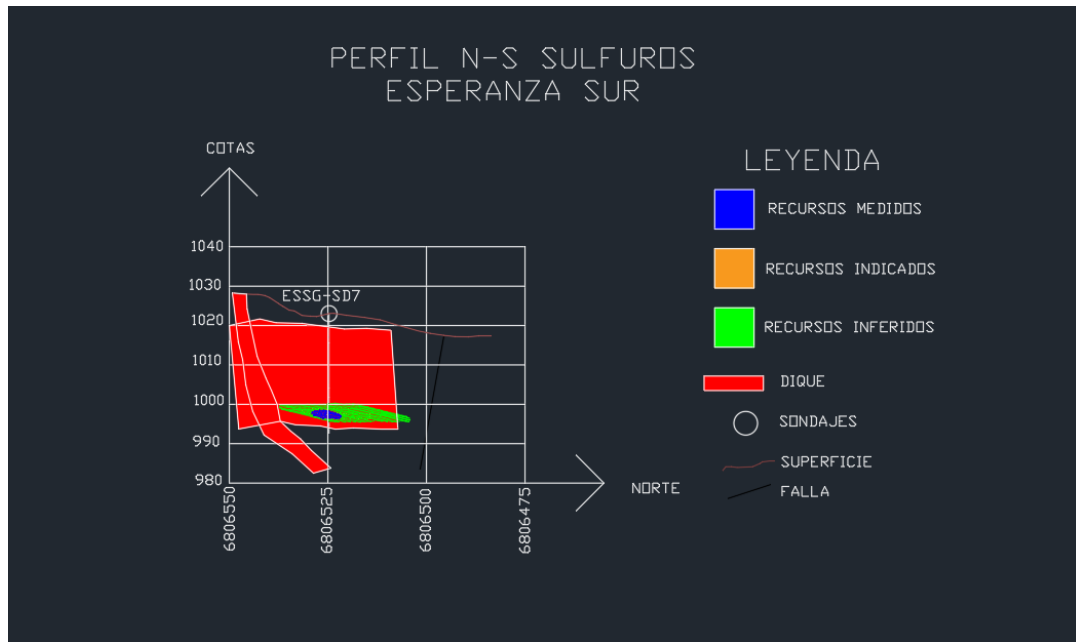


Figura 4.11: Perfil N-S del manto menor mineralizados con sulfuros de cobre en la mina Esperanza Sur.  
Escala 1:1.

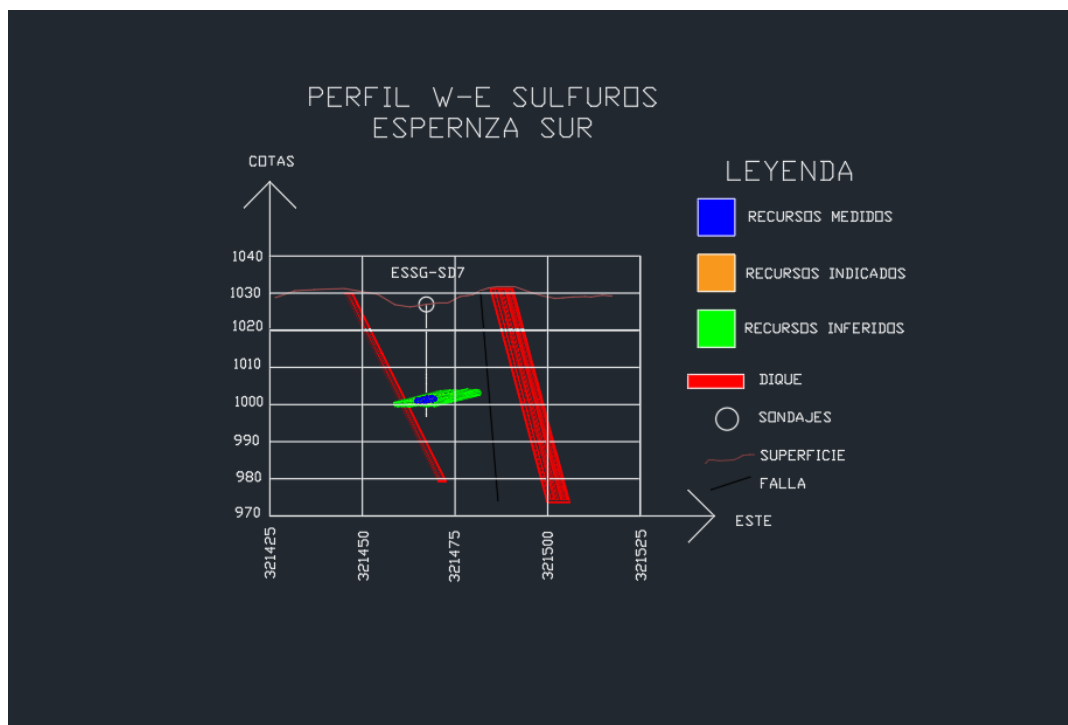


Figura 4.12: Perfil W-E del cuerpo menor mineralizado con sulfuros de cobre en la mina Esperanza Sur.  
Escala 1:1.

### 4.3.3.- Perfiles Mina Daniela

Al igual que la mina Esperanza norte y sur, se realiza su respectivo perfil litológico (Figura 4.13) para tener una correcta apreciación de las estructuras que cortan y desplazan los mantos.

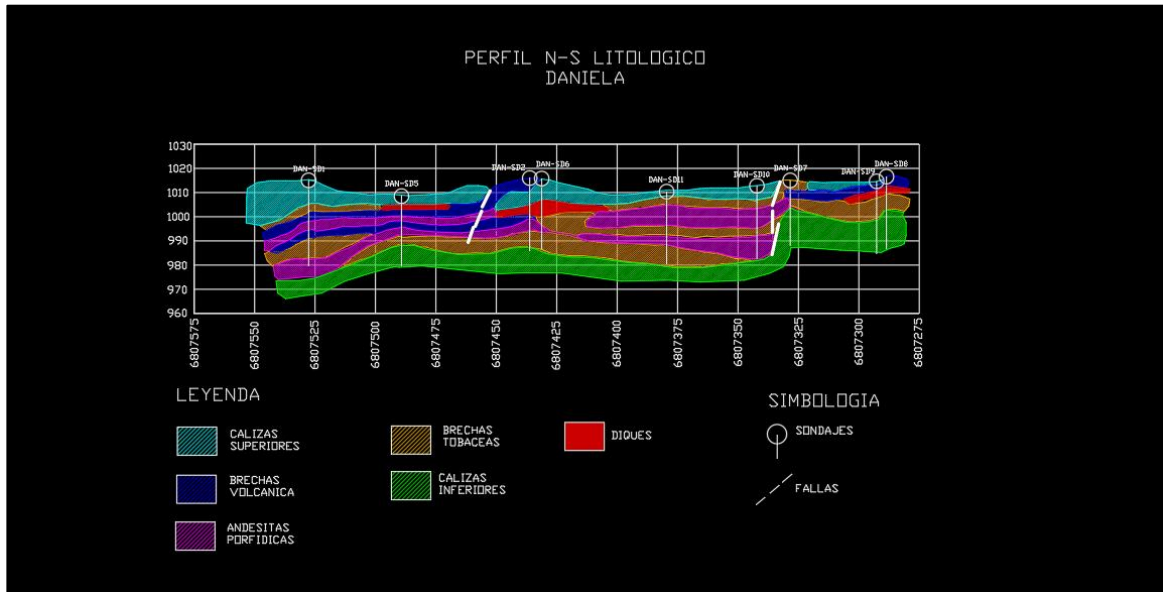


Figura 4.13: Perfil N-S litológico de la mina Daniela. Escala 1:1.

En la mina Daniela, de acuerdo a los perfiles N-S (Figura 4.14) y W-E (Figura 4.15), sólo se generan mantos mineralizados con óxidos de cobre, generándose dos cuerpos, superior e inferior, como en las demás minas. El manto superior se corta a los 10 metros de profundidad por lo general, y en la zona sur de la mina, se observa casi en superficie, aproximadamente 6-7 metros, lo que indica que una falla o dique-falla desarrolla un desplazamiento de las unidades en el sector sureste. Es necesario destacar, que se estima un gran tonelaje, en la categoría de recursos inferidos, para este manto, debido a la topografía y a labores subterráneas, que indican gran continuidad de mineralización. Por otro lado, el manto inferior se encuentra a los 15 metros por lo general, y está siendo cortado por un dique NW, y no es posible encontrar su cuerpo al otro costado, incluso con la campaña de sondajes, es decir, que probablemente tenga continuidad post dique, pero no es recomendable sobreestimar los recursos, con el propósito de una estimación más acertada.

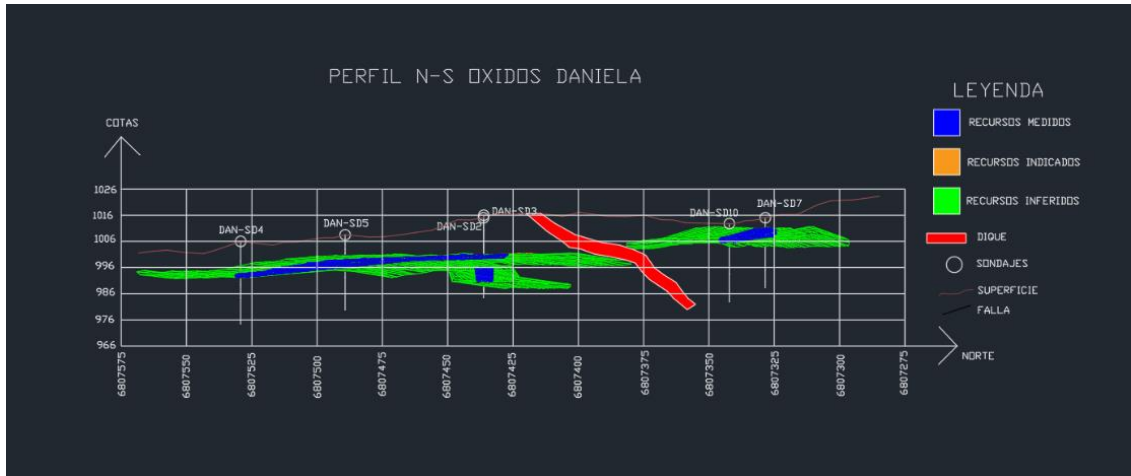


Figura 4.14: Perfil N-S de los mantos mineralizado con óxidos de cobre en la Mina Daniela. Escala 1:1.

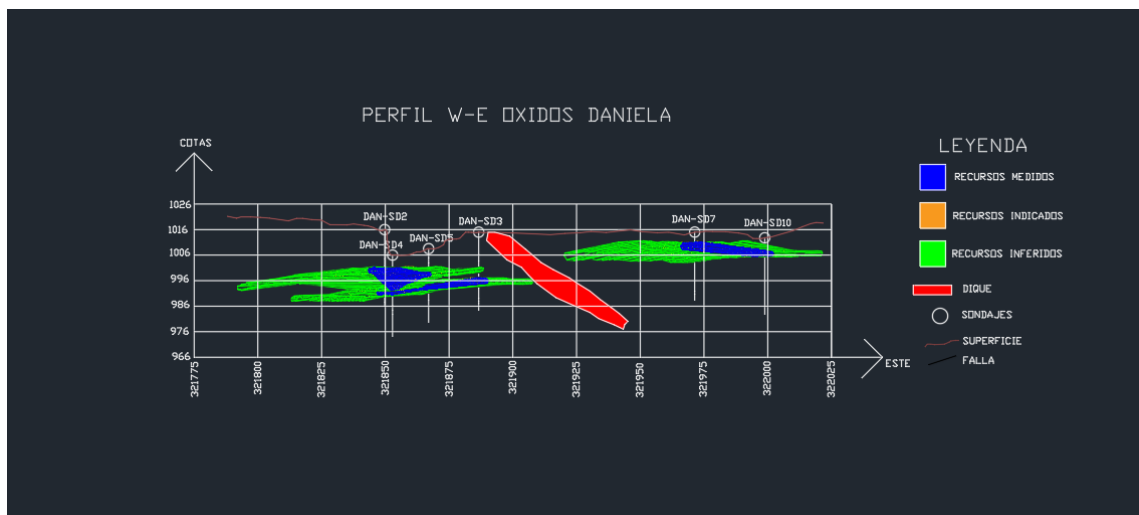


Figura 4.15: Perfil W-E de los cuerpos mineralizados con óxidos de cobre presentes en la Mina Daniela. Escala 1:1.

#### **4.4.- Resultados de la estimación de recursos**

Los principales criterios para definir los recursos de estas pertenencias, son el grado de confianza en la interpretación geológica, tipo de litología, control estructural de la mineralización, topografía, continuidad de la estructura, reconocimientos por sondajes, entre otros.

Según Oyarzún (2011), una estimación de recursos consiste en definir un volumen, al cual se le aplica una ley y una densidad (peso específico). Por lo tanto, se aplica la siguiente fórmula:  $T=A*P*PE$ , donde, T: tonelaje del sector del depósito bajo evaluación; A: el área de visualización 2D del sector del depósito bajo evaluación, P: sección vertical del cuerpo mineralizado; y PE: el peso específico de la roca mineralizada.

Por otra parte, ya se obtuvieron las dimensiones de los cuerpos mineralizados gracias a los perfiles, en consecuencia, si al resultado le aplicamos una ley concreta, entonces tendremos toneladas con una ley específica. No obstante, primero debemos calcular la ley media de un sondeo, ya que generalmente la ley se comporta variable en tramos, por esto la necesidad de calcular una ley media ponderada. Si se tienen diferentes tramos con distintas leyes cada uno, la ley media ponderada se calcula sumando todos los productos entre la ley de un tramo y su distancia respectiva y posteriormente se divide en la distancia total bajo análisis. (Oyarzún, 2011).

En este estudio se reconocen variados criterios que nos permiten interpretar de una mejor manera los cuerpos presentes en cada una de las respectivas minas, no obstante, se debe tener moderación para no sobreestimar los recursos minerales. De esta forma, se reconocen recursos medidos, indicados e inferidos adaptados para la pequeña y mediana minería, en donde, se sugiere que los recursos medidos no superen un rango de distancia de los 10 metros, y necesitan 3 o más evidencias o criterios geológicos para sustentar estos recursos, en este sentido, la continuidad que presenta el manto mineralizado, topografía subterránea y resultados de la campaña de sondajes son fundamentales. Los recursos indicados, presentan un rango entre 10-20 metros, además de uno o dos criterios geológicos, los cuales puedan favorecer a la estimación. Por último, los recursos inferidos, corresponden a un rango de 30 metros o más, y se necesitan por lo menos una evidencia geológica, en este caso, es la interpretación geológica del manto mineralizado.

##### **4.4.1.- Resultados Mina Esperanza Franja Norte**

En el caso de los óxidos en la mina Esperanza Franja Norte, se encontraron dos cuerpos o mantos mineralizados, uno superior y el otro inferior, los cuales, presentan gran tamaño y corrida, pero de una ley relativamente baja en cobre soluble. A continuación, se exhiben los resultados de acuerdo a los mantos mineralizados (Tabla 4.2).

Tabla 4.2: Estimación de recursos minerales de la mina Esperanza Franja Norte, respecto a los óxidos de cobre.

Óxidos	Ley ponderada de CuT (%)	Ley ponderada de CuS (%)	Ag ponderada (ppm)	H <sup>+</sup> ( $\frac{\text{KgH}_2\text{SO}_4}{\text{KgCuLix}}$ )	Densidad (10 <sup>3</sup> Kg/m <sup>3</sup> )	Recursos medidos (Ton)	Recursos indicados (Ton)	Recursos inferidos (Ton)
Manto Sup	1.08	0.89	46.75	15.60	2.70	2286.45	4572.90	6859.35
Manto Inf	1.29	0.97	39.35	21.95		2187.9	4160.10	6779.42
Ponderación Total	1.19	0.93	43.05	18.77	Tonelaje Total	4474.35	8733.00	13638.77

El manto superior, presenta una ley ponderada de cobre soluble de 0.89, con un subproducto de 46.75 ppm de plata. Respecto al consumo de ácido, se encuentra moderadamente elevado. De acuerdo a la estimación, produce 2286.45 toneladas de recursos medidos, 4572.90 toneladas respecto a recursos indicados, y en relación a los recursos inferidos, genera 6859.35 toneladas; lo que indica que es un cuerpo de grandes dimensiones.

En el manto inferior, se observa una ley ponderada de cobre soluble cercana al 1%, más precisamente 0.97%, además, presenta 39.55 ppm de Ag como media general, y un consumo de ácido elevado. En relación a la estimación, se desarrolla un cuerpo de 2187.90 toneladas en la categoría de recursos medidos; 4160.10 toneladas de recursos indicados; y 6779.42 en razón a los recursos inferidos.

De manera general, los cuerpos mineralizados con óxidos de cobre en la mina Esperanza Franja Norte, exhiben un tonelaje, más precisamente, un total de recursos medidos de 4474.35 toneladas, con una ley media cercana al 1% respecto a los óxidos de cobre. Además, se destaca como subproducto un promedio de 43.05 ppm de Ag, y un gasto de ácido elevado de 18.77 KgH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/KgCuLix aproximadamente. Por otra parte, este estudio revela un total de recursos indicados de 8733.00 toneladas, y respecto a los recursos inferidos, se desarrollan 13638.77 toneladas con leyes de 0.93% de CuS.

En relación a los sulfuros de la mina Esperanza Franja Norte, se desarrollaron 3 mantos o cuerpos mineralizados de diferentes dimensiones y leyes, destacando, un manto superior e inferior, y un cuerpo mineralizado en forma de lente desarrollado al sur de la mina. A continuación, se presentan los resultados de acuerdo a los cuerpos mineralizados (Tabla 4.3).

Tabla 4.3: Estimación de recursos minerales de la mina Esperanza Franja Norte, en relación a los sulfuros de cobre.

Sulfuros	Ley ponderada de CuT (%)	Ley ponderada de CuIns (%)	Ag ponderada (ppm)	Densidad ( $10^3$ Kg/m <sup>3</sup> )	Recursos medidos (Ton)	Recursos indicados (Ton)	Recursos inferidos (Ton)
Manto Sup	1.62	1.31	76.96	2.70	1060.13	1575.43	2027.08
Manto Inf	0.98	0.88	55.07		698.29	6003.27	11503.33
Lente Sur	0.8	0.74	49.20		190.01	950.94	2249.19
Ponderación Total	1.13	1.00	60.41	Tonelaje Total	1948.43	8529.64	15779.60

El manto superior, destaca con una ley media de cobre insoluble de 1.31%, con un interesante subproducto de plata, ponderando una ley de 76.96 ppm. En cuanto a los recursos, se desarrollan recursos medidos, indicados e inferidos, produciendo 1060.13 Ton, 1575.43 Ton, y 2027.08 Ton, respectivamente.

El manto inferior presenta una ley media, en relación a los sulfuros de cobre, de 0.88%, lo cual no indica una gran ley, no obstante, garantiza una interesante ley de plata, logrando que el manto sea viable económicamente. Además, se generan 698.29 toneladas en relación a los recursos medidos, 6003.27 toneladas respecto a los recursos indicados, y 11503.33 toneladas correspondientes a los recursos inferidos.

El lente sur mineralizado, se puede considerar como un manto menor, no solo por su ley media de 0.74% de cobre insoluble, sino, más bien, por sus pequeñas dimensiones. En este caso, corresponden 190.01 toneladas a los recursos medidos, 950.94 toneladas en la categoría de recursos indicados, y 2249.19 toneladas en la clase de recursos inferidos.

Por otra parte, de manera más genérica, se observa que los 2 mantos, anteriormente descritos, y el pequeño cuerpo en forma de lente, principalmente, producen un total de recursos medidos de 1948.43 toneladas, 8529.64 toneladas correspondientes a los recursos indicados, y 15779.60 en la categoría de recursos inferidos. Estos cuerpos, ricos en sulfuros, de la mina Esperanza Franja Norte, presentan una ley ponderada de 1,00% CuIns, con un subproducto importante de Ag, incluso, llegando en algunos sectores a 100 ppm de plata. De forma más independiente, se observa que, tanto el manto superior como el manto inferior, presentan dimensiones mayores y leyes más importantes que el cuerpo desarrollado en el sector sur de la mina, considerado como manto menor.

#### 4.4.2.- Resultados Mina Esperanza Franja Sur

En el caso de los óxidos en la mina Esperanza Franja Sur, se reconocen 2 mantos o cuerpos mineralizados, destacando que presentan leyes ponderadas de cobre soluble superiores a 1%, denominándolos, manto superior y manto inferior. A continuación, se exhiben los resultados de los cuerpos mineralizados (Tabla 4.4).

Tabla 4.4: Estimación de recursos minerales de la mina Esperanza Franja Sur, respecto a los óxidos de cobre.

Óxidos	Ley ponderada de CuT (%)	Ley ponderada de CuS (%)	Ag ponderada (ppm)	H <sup>+</sup> ( $\frac{\text{KgH}_2\text{SO}_4}{\text{KgCuLix}}$ )	Densidad (10 <sup>3</sup> Kg/m <sup>3</sup> )	Recursos medidos (Ton)	Recursos indicados (Ton)	Recursos inferidos (Ton)
Manto Sup	1.89	1.59	89.90	13.33	2.70	1502.95	3450.82	8484.80
Manto Inf	1.43	1.24	17.13	16.50		1375.92	3944.95	11139.58
Ponderación Total	1.66	1.42	53.52	14.91	Tonelaje Total	2878.87	7395.77	19624.38

El manto superior presenta una ley ponderada de cobre soluble de 1.59%, además, de una interesante ley media de 89.90 ppm de plata, por otra parte, se aprecia un consumo de ácido moderado, en relación a los demás mantos. La estimación de recursos está relacionada con las dimensiones del cuerpo, generando, 1502.95 toneladas en la categoría de recursos medidos, en relación a los recursos indicados, se producen 3450.82 toneladas, y de acuerdo a los recursos inferidos, se desarrollan 8484.80 toneladas.

El manto inferior se determinan un total de recursos medidos de 1375.92 toneladas, en el caso a los recursos indicados, presenta 3944.95 toneladas, y 11139.58 toneladas para la categoría de recursos inferidos. Además, este cuerpo presenta, desafortunadamente, un elevado consumo de ácido, una ley media de 1.24% CuS, y una baja ley ponderada de Ag, cercana a los 17.13 ppm.

Desde un punto de vista más general, en la mina Esperanza Franja Sur se obtiene un total de recursos medidos de 2878.87 toneladas, con una ley de cobre soluble que siempre supera el 1%, incluso alcanzando 1,60% en algunos sectores. En el caso de los recursos indicados, se observa 7395.77 toneladas, y en la categoría de recursos inferidos, presenta 19624.38 toneladas con una ley media total de 1.42% de CuS. Respecto al subproducto de la plata, se observa en gran proporción en el manto superior, sin embargo, en el manto inferior, cuerpos no presenta una cantidad que sea llamativa. Por último, en relación al consumo de ácido, se estima de moderado a elevado, no obstante, debido a su buena ley, se considera explotable.

En el caso de los sulfuros de cobre en la mina Esperanza Franja Sur, se reconoce únicamente un manto o cuerpo mineralizado, en forma de lente, el cual, presenta proporciones escasas, denominado como un manto menor en el sector sur de la mina. A continuación, se presenta los resultados del cuerpo mineralizado (Tabla 4.5).

*Tabla 4.5: Estimación de recursos minerales de la mina Esperanza Franja Sur, en relación a los sulfuros de cobre.*

Sulfuros	Ley ponderada de CuT (%)	Ley ponderada de CuIns (%)	Ag ponderada (ppm)	Densidad (10 <sup>3</sup> Kg/m <sup>3</sup> )	Recursos medidos (Ton)	Recursos indicados (Ton)	Recursos inferidos (Ton)
Lente Sur	1.94	1.71	104.90	2.70	53.62	250.39	956.48
Ponderación Total	1.94	1.71	104.90	Tonelaje Total	53.62	250.39	956.48

El cuerpo mineralizado, principalmente, de sulfuros de cobre entrega una ley media de cobre insoluble de 1.71%, con un importante contenido de plata, cercana a los 104.90 ppm de Ag, que como subproducto aumenta su valor exponencialmente. Por otra parte, respecto al tamaño del cuerpo, se observan pequeñas dimensiones, precisamente, se calculan 53.62 toneladas en la clase de recursos medidos, 250.39 toneladas de recursos indicados, y 956.48 en la categoría de recursos inferidos.

Cabe señalar, que este manto se encuentra limitado por una zona de diques, por lo que no se pudo encontrar una continuidad del manto mineralizado, por consecuencia, se le asigna esas limitadas proporciones. En cuanto a sus leyes y ponderaciones, solo un sondaje logró cortar dicho cuerpo, por ende, solo se obtuvo una muestra para formar sus dimensiones, entonces, las leyes, tanto de cobre insoluble como de plata, tan elevadas, podrían sobreestimar el potencial real de mencionado cuerpo.

#### **4.4.3.- Resultados Mina Daniela**

En el caso de la mina Daniela, no se encontraron cuerpos en los cuales, se pueda explotar sulfuros de cobre, sin embargo, se desarrollaron 2 mantos mineralizados, uno superior y el otro inferior, fundamentalmente, con óxidos de cobre, de prometedoras leyes, de gran corrida y continuidad. A continuación, se presentan los resultados de los cuerpos mineralizados ricos en óxidos de cobre (Tabla 4.6).

Tabla 4.6: Estimación de recursos minerales de la mina Daniela, respecto a los óxidos de cobre.

Óxidos	Ley ponderada de CuT (%)	Ley ponderada de CuS (%)	Ag ponderada (ppm)	H <sup>+</sup> ( $\frac{\text{KgH}_2\text{SO}_4}{\text{KgCuLix}}$ )	Densidad (10 <sup>3</sup> Kg/m <sup>3</sup> )	Recursos medidos (Ton)	Recursos indicados (Ton)	Recursos inferidos (Ton)
Manto Sup	1.79	1.65	24.72	19.67	2.70	4385.65	12860.41	42050.48
Manto Inf	1.72	1.60	18.70	16.13		730.24	2302.88	2525.18
Ponderación Total	1.76	1.63	21.71	17.89	Tonelaje Total	5115.89	15163.29	44575.66

El manto superior de la mina Daniela, presenta una ley ponderada de 1.65% de cobre soluble, incluso, sectores en donde supera el 2% de CuS, por otra parte, se observa una ley media de plata equivalente a 24.72 ppm, y produce un consumo de ácido muy elevado, en comparación con los estándares de los demás cuerpos. Respecto a la estimación de recursos, se calcula 4385.65 toneladas en el caso de los recursos medidos, en la categoría de recursos indicados presenta 12860.41 toneladas, y en relación a los recursos inferidos, se obtiene 42050.48 toneladas.

De acuerdo al manto inferior, se observa una ley media de cobre soluble de 1.60%, con un subproducto de plata, no destacable, equivalente a 18.70 ppm. En cuanto al consumo de ácido, se encuentra moderadamente elevado, de acuerdo al promedio general. Por parte de la estimación de recursos, se establecen 730.24 toneladas para los recursos medidos, 2302.88 en los recursos indicados, y 2525.18 para la categoría de recursos inferidos, es decir, es de menor proporción que el manto superior.

De manera general, la mina Daniela presenta un gran potencial de explotación, los 2 mantos generan un total de recursos medidos de 5115.89 toneladas, con leyes muy superiores al 1%, incluso, con leyes mayores a 2% de cobre soluble. En la categoría de recursos indicados, se genera un total de 15163.29 toneladas, además, de 44575.66 toneladas para los recursos inferidos, con una ley ponderada de 1.63% de CuS. Por último, respecto al subproducto plata, no se considera importante, sin embargo, aporta desde un punto de vista económico, y en relación al ácido, se aprecia un gran consumo, lo que implica un gasto adicional a su explotación.

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### 5.1.- Modelo geológico

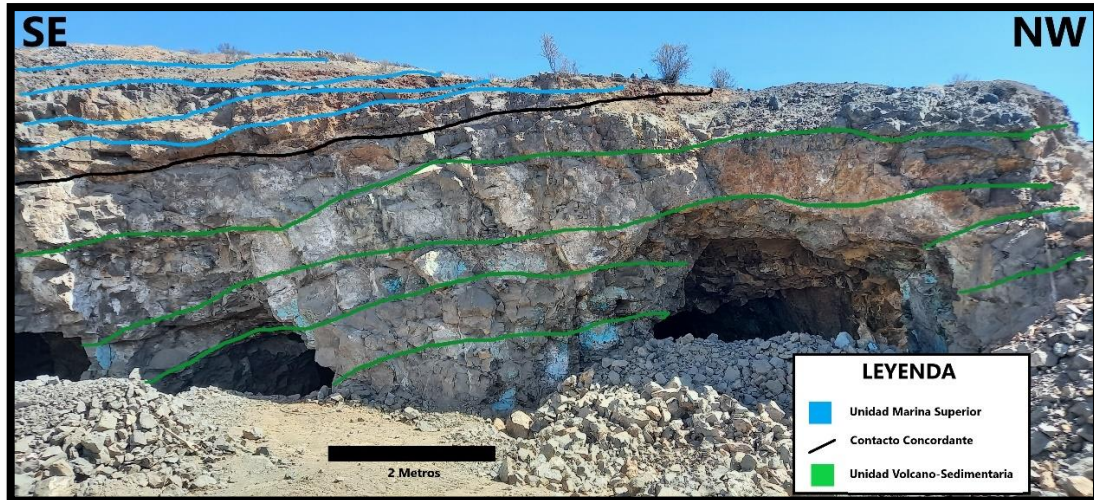
De acuerdo a los antecedentes presentados en los capítulos anteriores, a continuación, se inicia la discusión de los tipos o tipo de depósitos que destacan en el distrito minero El Churque, a partir de, datos litológicos, mineralógicos, estructurales y de alteración hidrotermal.

A lo largo de la Cordillera de la Costa en el norte de Chile, se observan en gran medida depósitos estratoligados con presencia de mineralización de cobre, en donde históricamente, los yacimientos ligados a estratos mesozoicos fueron la segunda fuente de producción de cobre chileno, después de los pórfidos cupríferos de edad Cenozoica, sin embargo, han sido desplazadas al tercer lugar, debido a la explotación de depósitos tipo IOCG hospedados en rocas volcánicas del Cretácico Inferior (Vila et al., 1996; Marschik et al., 2000; Zamora y Castillo, 2001).

La evolución de estos depósitos estratoligados de Cu-Ag o “tipo manto” (Ruiz et al., 1965) está estrechamente ligado con el magmatismo de arco mesozoico, producto de la subducción, bajo un entorno de régimen extensional regional (Maksaev y Zentilli, 2002). Es decir, la génesis de este tipo de yacimientos, presenta un origen hidrotermal relacionado con el magmatismo Jurásico-Cretácico, y corresponde a una mineralización distal periférica a batolitos granodioríticos contemporáneos, emplazados en la Cordillera de la Costa, en el norte de Chile (Ruiz et al., 1965; Losert, 1973; Palacios, 1974; Espinoza, 1982; Sato, 1984; Chávez, 1985; Camus, 1985; Maksaev, 1990; Boric et al., 1990; Maksaev y Zentilli, 2002).

La relación entre las minas pertenecientes al distrito minero El Churque, es decir, mina Esperanza Franja Norte y Sur, y mina Daniela, con los depósitos estratoligados de Cu-Ag, es inherente, respecto a, el contexto general de su formación, morfología de la mineralización, zonación, mena, roca de caja, origen hidrotermal, alteración hidrotermal, brechas hidrotermales, diques o intrusiones subvolcánicas menores, etc.

De acuerdo al contexto general de formación, la unidad volcano-sedimentaria presente en este estudio, coincide litológicamente con formaciones del Cretácico inferior, en la Carta Geológica, de Moscoso (1982), y Arévalo (2009). Por consiguiente, es contemporáneo, regionalmente, al emplazamiento de batolitos granodioríticos en la costa del norte de Chile. Por otra parte, la unidad marina superior o calizas superiores, sobreyace de manera concordante con la unidad volcano-sedimentaria, por ende, se infiere una edad más joven, de acuerdo al principio de superposición de estratos, y que no hubo ningún tectonismo implicado, respecto a su depositación (Figura 5.1).



*Figura 5.1: Relación estratigráfica entre las dos Unidades más importantes que afloran en el distrito El Churque, en donde se aprecia con color negro, el contacto concordante entre las ambas unidades descritas.*

En relación a la morfología de los depósitos existentes en el distrito, en general, la mineralización se presenta de manera concordante con la estratificación, es decir, mantiformes. De forma general, se observa una zonación vertical, en donde, la parte más superficial consiste en minerales oxidados de cobre, posteriormente en profundidad, corresponde a una zona mixta, en donde coexisten sulfuros y óxidos. Es necesario aclarar que los límites de estas zonas, no es un cambio brusco respecto a la mineralización, se podría decir que es gradual, y se produce de acuerdo a mantos o cuerpos mineralizados, incluso lentes, separados entre sí por otras litologías. Además, de manera particular, en la zona mixta se van a encontrar mantos donde predominen los sulfuros más que los óxidos, como en la mina Esperanza Franja Norte, y viceversa, como en el caso de la mina Esperanza Franja Sur.

La zona oxidada exhibe un gran desarrollo, precisamente en la mina Daniela, fundamentalmente, constituyen atacamita, brochantita y crisocola, como los minerales más frecuentes. La zona mixta, esencialmente, se destaca por la presencia de calcosina como sulfuros secundarios, además, se presenta atacamita y brochantita en representación de los óxidos, cabe mencionar, que es la zona más interesante, económicamente, de las demás minas del Distrito.

Esta zonación vertical, es a causa de la oxidación de sulfuros hipógenos, a través de la interacción de la pirita con aguas meteóricas, produciendo ácido sulfúrico. Este proceso de lixiviación se genera, debido que el ácido sulfúrico disuelto en estas aguas meteóricas actúa como lixivante, provocando la disolución de metales, en este caso el cobre, entonces, mediante la gravedad, fracturas y fallas, va a percolar en profundidad, transportando y acumulando el cobre en diferentes zonas, de manera que, enriquezca aún más el sistema económicamente, logrando esta destacada zonación vertical. Es importante

aclarar, que la zonación bien desarrollada depende de la eficiencia de este proceso, en el caso de la mina Esperanza Norte, es la única de las minas del distrito en donde se puede apreciar una zona medianamente lixiviada en superficie y una zona mixta enriquecida con sulfuros secundarios desarrollada en profundidad.

En relación a la génesis de estos depósitos mantiformes con los fluidos hidrotermales es netamente directa. Los fluidos mineralizadores se movilizan dentro de los niveles permeables de la unidad volcano-sedimentaria y zonas de debilidad estructural, más específicamente, dentro de las brechas volcánicas, las cuales presentan gran permeabilidad. Otro factor importante, es el control estructural, debido que favorece el ascenso de los fluidos hidrotermales, ricos en cobre y plata, en los cuales, al contacto con la roca de caja, en este caso fría, genera alteración hidrotermal, y brechas hidrotermales (Figura 5.2).



*Figura 5.2: Brecha hidrotermal.*

A favor de un origen hidrotermal, la roca de caja presenta varios indicios de alteración hidrotermal, desarrollando una mineralogía caracterizada por albita, calcita, clorita, cuarzo, y en menor medida epidota, por lo tanto, la relación genética de estos depósitos y fluidos hidrotermales es inherente.

Por otra parte, se observa que numerosos diques y cuerpos intrusivos subvolcánicos cortan la mineralización y las rocas de caja, es decir, que se puede inferir que estas intrusiones menores son posteriores a la mineralización, o que, tanto el cuerpo intrusivo subvolcánico como el fluido hidrotermal rico en cobre y plata, pudieron haber seguido caminos similares a lo largo de las zonas de debilitamiento estructural. No obstante, son necesarios más estudios, en este sentido, para determinar una cronología precisa, y por ende, establecer conexión entre estos procesos.

En consecuencia, tanto la mina Daniela, como la mina Esperanza Franja Norte y Sur, se definen como depósitos mantiformes, y es posible inferir, que presentan una mineralización de origen hidrotermal, la cual experimentó un proceso posterior de enriquecimiento supérgeno y que se desarrollaron, de manera distal periférica, a batolitos granodioríticos contemporáneos del Cretácico Inferior.

## **5.2.- Estimación de recursos**

La estimación de recursos y reservas geológicas en Chile se rige por el código minero (CH20235), el cual presenta los requerimientos formales mínimos a ser exigidos para informar sobre los resultados de exploración, recursos y reservas minerales para propósitos de información pública y del mercado de capitales en Chile. A diferencia de la gran minería, el código minero no suele ser muy práctico en la clasificación de recursos en yacimientos de pequeña minería.

La Empresa Nacional de Minería (ENAMI) se encarga de trabajar con la pequeña y mediana minería del país, por lo que generalmente, los recursos no son muy bien definidos y son mucho menores en comparación a la minería a gran escala.

Esto a la hora de estimar recursos influye, por lo tanto, se propone que los recursos medidos no superen un rango de distancia de los 10 metros, y necesitan 3 o más evidencias o criterios geológicos para sustentar estos recursos, en este sentido, la continuidad que presenta el manto mineralizado, topografía subterránea y resultados de la campaña de sondajes son fundamentales. Los recursos indicados, presentan un rango entre 10-20 metros, además de uno o dos criterios geológicos, los cuales puedan favorecer a la estimación. Por último, los recursos inferidos, corresponden a un rango de 30 metros o más, y se necesitan por lo menos una evidencia geológica, en este caso, es la interpretación geológica del manto mineralizado. Es importante destacar que este rango puede ser modificado según el criterio del Geólogo, el cual encontrará las evidencias para determinar la continuidad de la mineralización.

Por otra parte, ENAMI define y clasifica la minería en Chile en base a su capacidad productiva. La gran minería produce más de 50000 toneladas de mineral mensuales, la mediana minería procesa entre 50000 y 10000 toneladas de mineral mensuales, mientras que la pequeña minería produce hasta 10000 toneladas de mineral mensuales.

Por lo tanto, en relación a la estimación y actualización de los recursos del distrito minero El Churque, se obtuvieron valores de tonelaje representativos y a escala de una pequeña minería.

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1.- Conclusiones

En el distrito minero El Churque se reconocen primordialmente rocas estratificadas de carácter volcánico, sedimentaria y volcano-sedimentaria, además, rocas intrusivas en forma de diques. Respecto a la edad de estas unidades, se infieren del Cretácico Inferior.

De acuerdo al tipo de depósito presente en el distrito, se observa que, tanto la mina Esperanza y Daniela, son depósitos de origen hidrotermal, mantiformes, de orientación preferencial N40W;20SW, en donde la mineralización principal se hospeda en brechas volcánicas de manera diseminada, relleno de vesículas y como cemento. Además, este tipo de depósitos presenta mineralización, tanto de óxidos como de sulfuros de cobre, a la vez, se aprecian zonas mixtas, en donde destaca la calcosina como sulfuro secundario, y de manera subordinada, se encuentra plata como subproducto importante.

En ambas pertenencias las estructuras mineralizadas asociadas al manto se encuentran controladas por estructuras extensionales principalmente con rumbo NW y dirección de inclinación hacia el SW.

La mina Esperanza Franja Norte destaca por su contenido en sulfuros de cobre, principalmente calcosina, la cual presenta aproximadamente un 80% de Cu dentro de su química. La presencia de calcosina, al ser un sulfuro secundario, indica un enriquecimiento supérgeno, por ende, la acción de aguas meteóricas fue trascendente en esta mina, en comparación con las demás. En consecuencia, al momento de la evaluación económica de la mina Esperanza Franja Norte, este proceso resulta un aumento importante en su valor. En el caso de los recursos de sulfuros de cobre, se aprecian interesantes leyes de cobre insoluble, alcanzando los 1.31% y 0.88% respectivamente, adicionalmente, se añade una gran cantidad del subproducto Ag, logrando hasta 100 ppm de plata en algunas muestras, aumentando de manera proporcional su rentabilidad económica. Por otro lado, respecto a los óxidos de cobre, se observan dos mantos con interesantes tonelajes, sin embargo, no es muy rentable debido a sus bajas leyes, producto de la lixiviación que sufrieron ambos cuerpos.

La mina Esperanza Franja Sur sobresale por su contenido en óxidos de cobre, en donde se observan 2 mantos mineralizados con leyes muy explotables, mayores a 1%, incluso, alcanzando los 1.60% de cobre soluble aproximadamente. Un punto en contra económicamente, es el consumo moderadamente elevado de ácido, lo que implica un gasto adicional en la explotación. Por otra parte, se desarrolla un manto rico en sulfuros de cobre, con muy buena ley de cobre y plata, pero de muy bajo tonelaje, debido que se encuentra limitado y cortado por diques estériles. En este caso, la acción de aguas meteóricas y enriquecimiento supérgeno no fue tan eficaz como en la mina Esperanza Franja Norte.

La mina Daniela presenta un gran potencial económico, destacan 2 mantos mineralizados, al igual que las minas Esperanza, con una ley media de cobre soluble de 1.63%. En comparación con las demás minas, se observan las mejores leyes de cobre soluble del Distrito, incluso, llegando a sectores donde se supera los 2% de CuS, sin embargo, exhibe un exageradamente elevado consumo de ácido, por lo tanto, la gran rentabilidad de recursos se ve condicionado económicamente, no obstante, sigue siendo muy viable para la explotación. En relación a los sulfuros, no se pudo encontrar ningún cuerpo, de acuerdo a lo desarrollado en la campaña de sondajes, entonces, se puede inferir la nula participación de aguas meteóricas, por ende, el mal desarrollo de una zona enriquecida con sulfuros secundarios de cobre.

Por último, la estimación de recursos geológicos del distrito minero El Churque se obtienen las siguientes proporciones: La mina Esperanza Franja Norte, de acuerdo al cobre soluble (CuS), se determina un total de recursos medidos, indicados e inferidos de 4474.35 Ton, 8733.00 Ton, y 13638.77 Ton respectivamente, con una ley media total de 0.93% CuS, y una ley promedio de 43.05 ppm de Ag, respecto al cobre insoluble (CuIns), presenta un total de recursos medidos, inferidos e indicados de 1948.43 Ton, 8529.64 Ton, y 15779.60 Ton respectivamente, con una ley promedio general de 1.00% CuIns, y una ley media total de 60.41 ppm de plata. La mina Esperanza Franja Sur, de acuerdo a los óxidos de cobre, presenta un total de recursos medidos, indicados e inferidos de 2878.87 Ton, 7395.77 Ton, y 19624.38 Ton respectivamente, con una ley ponderada de 1.42% CuS, y una ley media de 53.52 ppm de Ag, en relación a los sulfuros de cobre, presenta un total de recursos medidos de 53.62 Ton, 250.39 Ton de recursos indicados, y 956.48 Ton de recursos inferidos, con una ley media de 1.71% CuIns, y 104.90 ppm de plata. Finalmente, la mina Daniela se observan un total de recursos medidos, indicados e inferidos de 5115.89 Ton, 15163.29 Ton, 44575.66 Ton, con una ley media de 1.63% CuS, además, de una ley ponderada de 21.71 ppm de plata.

## **6.2.- Recomendaciones**

En relación a la litología del sector, sería interesante profundizar en el conocimiento petrológico, por medio de secciones transparentes y microscopía, de las unidades volcansedimentarias, más específicamente, a las calizas inferiores, debido que, su composición, contexto geológico y antecedentes recopilados en este trabajo, se puede interpretar un ambiente de transición marino-continental.

En el contexto de la pequeña minería, la mina Esperanza y Daniela se destacan por su bajo tonelaje, pero con una ley de cobre alta y aceptable, por ende, se consideran rentables económicamente. En el caso de la mina Esperanza Norte, se sugiere explotar tanto los mantos ricos en óxidos de cobre, como en sulfuros de cobre, debido al subproducto de plata que se encuentra en los sulfuros. En la mina Esperanza Sur, solo se recomienda explotar los mantos ricos en óxidos de cobre, debido que el manto rico en sulfuros se encuentra acotado por familias de diques, lo cual limitan las dimensiones de dicho cuerpo. En el caso de la mina Daniela, solo se encontraron cuerpos ricos en óxidos de cobre, uno superior y otro inferior, los cuales se recomienda extraer.

De acuerdo a la explotación de los depósitos, se observan grandes indicadores de carácter litológico, estructural y topográficos, que indican que los mantos mineralizados presentan gran continuidad, además de labores y trabajos antiguos en el sector que permiten aclarar, más aún, el sistema de manera subterránea. Por lo tanto, debido a que se trata de pequeña minería, se sugiere explotar el manto, removiendo el mineral, y generando el avance de túnel simultáneamente. Por último, es importante destacar, que los mantos están siendo cortados, y desplazados por diques-fallas de dirección preferencial N-NW, por lo tanto, es recomendable cruzar estos diques, con potencia de 2-4 metros, de manera perpendicular a su rumbo, de esta forma, se podría continuar explotando el manto mineralizado de manera productiva.

## REFERENCIAS

- Abad, E. 1976a. Geología de la Precordillera al noreste de Vallenar, entre latitudes 28° y 28°30'S, provincia de Atacama. Memoria de Título, Univ. Chile, Depto. Geol., 213p. Santiago.
- Abad, E. 1976b. Las formaciones Cerrillos y Hornitos al norte de Vallenar, provincia Atacama, Chile. In Congr. Geol. Chileno, No 1, Actas, Vol.1, p. A97-A114. Santiago, Chile.
- Abad, E. (1977). Acerca de la paleografía neocomiana en la región al sur de Copiapó, provincia de Atacama, Chile. Asoc. Geol. Argent., Rev., Vol. 32, No 1, p.24-33.
- Abad E., Eduardo. (1980). Geología de los cuadrángulos estación Algarrobal, Yervas Buenas, Cerro Blanco, Merceditas y Tres Morros, Región de Atacama. Santiago. IIG. Carta Geológica de Chile n°038.
- Aguirre Le Bert, Luis y Egert R., Ernesto. (1965). Cuadrángulo Quebrada Marquesa, Provincia de Coquimbo [en línea]. Santiago. IIG. Carta Geológica de Chile N°015.
- Almonacid, A. (2007). Geología de la zona de alteración hidrotermal de Domeyko y del Yacimiento de cobre Dos amigos, Región de Atacama, Chile. Memoria de Título y Magíster, Departamento de Geología, Universidad de Chile.
- Arabasz, WJ. (1971). Geological and geophysical studies of the Atacama Fault Zone in northern Chile. Ph.D. Thesis, California Institute of Technology, Pasadena: 264 p.
- Arévalo V., Carlos. (2005). Carta Copiapó, Región de Atacama [en línea]. Santiago. SERNAGEOMIN. Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N°091.
- Arévalo, C.; Mourgues, F.A.; Chávez, R. (2009). Geología del Área Vallenar-Domeyko, Región de Atacama Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile.
- Biese, W. (1942). La distribución del Cretácico Inferior al sur de Copiapó. An. 1er Congr. Panam. Ing. Minas Bd. 2 p.429-466 Chile, Andes, Copiapó Regional, Estratigrafía mesozoico, cretácico, Carta geológica.
- Biese-Nickel, W. A., B. Hofstetter, H. Fuenzalida, & G. Cecioni. (1957). Lexique Stratigraphique International (Vol. 5, pág. 444). Paris: Centre de Recherche Sciences.
- Boric, R., Díaz, F. Y MaksaeV, V. (1990). Geología y yacimientos metalíferos de la Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín 40, Santiago, 246 p.
- Bookstrom, A.A. (1977). The magnetite deposits of El Romeral, Chile. Economic Geology, V. 64, pp. 1101-1130.

Brown, M., Díaz, F., Grocott, J. (1993). Displacement history and tectonic significance of the El Salado segment of the Atacama Fault System, Northern Chile. *GSA Bulletin*, v.105, p.1165–1174.

Burnham, C.W.; Ohmoto; H. (1980). Late-stage processes of felsic magmatism. In *Granitic magmatism and related mineralization* (Ishibara, S.; Takenouchi, S.; editors). *Mining Geology, Special Issue, No. 8*, p. 1-11.

BURNHAM. C.W. (1981). Convergence and mineralization -Is there a relation? *Geol. Soco Am., Mem.*, No. 154, p. 761-768.

Camus, F., Boric, R., Skewes, A., Castelli, J.C., Reichhard, E., and Mestre, A. (1991). Geologic, Structural, and Fluid Inclusion Studies of El Bronce Epithermal vein system, Petorca, Central Chile. *Economic Geology*, V. 86, pp. 1317-1345.

Chávez, W. (1985). Geological setting and the nature and distribution of disseminated copper mineralization of the Mantos Blancos district, Antofagasta province Chile. Ph.D. Thesis, California University, 142 p.

Charrier. R.; Pinto, L.; Rodríguez, M. (2007). Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. Chapter 3. *The Geology of Chile*. The Geological Society, London: 21-114.

Cloos, M., & Shreve, R.L. (1996). Shear-zone thickness and the seismicity of Chilean- and Marianas-type subduction zones. *Geology*.

COCHILCO. (2015). Franjas metalogénicas de Los Andes Centrales: blancos clave para la exploración minera. Dirección de estudios y políticas públicas.

Coira, B., Davidson, J., Mpodozis, C. and Ramos, V. (1982). Tectonic and Magmatic Evolution of the Andes of Northern Argentina and Chile. *Earth Science Reviews*, V. 18, p. 303-332.

Correns, C.W. (1949). *Einführung in die Mineralogie*. Springer, Berlin.

Corvalan D, J. (1974). Estratigrafía del neocomiano marino de la región al sur de Copiapó Provincia de Atacama. *Revista Geológica de Chile*.

Covacevich, V.; Suarez, M.; Sepúlveda, P. (1987). Trazas fósiles de crustáceos decápodos en el triásico superior de la formación Los Molles (Chile Central): nueva evidencia indicativa de facies de mar somero. *Revista Geológica de Chile*.

Dostal, J., Zentilli, M., Caelles, J.C. (1977). Geochemistry and origin of volcanic rocks of the Andes (26°–28°S). *Contrib. Mineral. and Petrol.* 63, 113–128.

Dunham, R.J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In: Ham, W.E., Ed., *Classification of Carbonate Rocks*, AAPG, Tulsa, 108-121.

- Espinoza, S. (1982). Definición del tipo Diseminado Infravolcánico de Sulfuros de Cobre. In Congreso Geológico Chileno, No. 3, Actas, Vol. 3, p. E201-E219. Concepción.
- Farrar, E., Clark, A-H, Haynes; S.J., Quirt, G.S., Conn, N., and Zentilli, M. (1970). K-Ar evidence for the post-Paleozoic migration of granitic intrusions foci in the Andes of northern Chile. *Earth and Planetary Sci Letters*, 10: 60-66.
- Flügel. E. (1982). *Microfacies Analysis of Limestone*. Springer-Verlag, New York, 633.
- Grocott, J., Taylor, G.K. (2002). Magmatic arc fault systems, deformation partitioning and emplacement of granitic complexes in the Coastal Cordillera, north Chilean Andes (25300S to 27000S). *Journal of the Geological Society* 159 (4), 425e443.
- Harmon, R.S., Barreiro, B.A., Moorbath, S., Hoefs, J., Francis, P.W., Thorpe, R.S., Deruelle, B., McHugh, J., y Viglino, J.A. (1984). Regional O-, Sr- and Pb isotope relationships in late Cenozoic calc-alkaline lavas of the Andean Cordillera. *J. Geol. Soc. Lond.* 141: 803-822.
- Hawkesworth, C.J., M.J. Norry, J.C. Roddick and R. Vollmer. (1979). ‘ $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  and  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios from the Azores and their significance in LIL-element enriched mantle.’ *Nature*, 280: 28–31.
- Hervé, F.; Godoy, E.; Parada, M.A.; Ramos, V.; Rapela, C.; Mpodozis, C. and Davidson, J. (1987). A general view on the Chilean-Argentine Andes, with emphasis on their early history. In: Monger, J.W.H. and Francheteau, J. (editors) *Circum-Pacific Orogenic Belts and Evolution of the Pacific Ocean Basin*. American Geophysical Union – Geological Society of America, Geodynamic Series, V. 18, pp. 97-113.
- Ishihara, K. (1985). Estabilidad de depósitos naturales durante terremotos. En: Actas de la 11.<sup>a</sup> Conferencia Internacional sobre Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones. San Francisco, CA, EE. UU., 1, 321–376.
- James, D.E. (1971). Plate tectonic model for the evolution of the central Andes: *Geological Society of America Bulletin*, V. 82, pp. 3325-3346.
- Jurgan, H. (1977). Zur Gliederung der Unterkreide-Serien in der Provinz Atacama. Chile. *-Geol. Rdsch.* 66: p. 404-434.
- Jurgan, H. (1977). Strukturelle und lithofazielle Entwicklung des andinen Unterkreide - Beckens im Norden Chiles (Provinz Atacama). *Geotekt. Forschungen Bd.* 52 p.1-138.
- Larson, R.L. (1991). Latest pulse of Earth: Evidence for a mid-Cretaceous superplume. *Geology*, 19(6), 547-550.
- Losert, J. (1973). Genesis of copper mineralization and associated alterations in the Jurassic volcanic rocks of Buena Esperanza mining area. Universidad de Chile, Departamento de Geología, Publicación No. 40, 104 p.

Maksaev, V. (1990). Metallogeny, geological evolution, and thermochronology of the Chilean Andes between latitudes 21° and 26° South, and the origin of major porphyry copper deposits. Unpublished Ph.D. Thesis, Halifax, Nova Scotia, Canada, Dalhousie University, 554 p.

Maksaev, V. (2001). Apuntes de Metalogénesis. Capítulo 11: “Reseña metalogénica de Chile y de los procesos que determinan la metalogénesis andina”.

Maksaev, V. & Zentilli, M. (2002) - Chilean Strata-bound Cu-(Ag) Deposits: An Overview; in Porter, T.M. (Ed.), Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold & Related Deposits: A Global Perspective, Volume 2; PGC Publishing, Adelaide, pp 185-205.

Maksaev, V.; Townley, B.; Palacios, C.; Camus, F. (2007). “Metallic ore deposits”. En: MORENO, T.; GIBBONS, W. (ed.). The Geology of Chile. London: The Geological Society.

Marschik, R., and Fontboté., Ll., (1996). Copper(-Iron) Mineralization and Superposition of Alteration Events in the Punta del Cobre Belt, Northern Chile. In: Camus, F., Sillitoe, R.H., and Petersen, R., eds. Andean Copper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny. Society of Economic Geologists, Special Publication Number 5, pp. 171-190.

Montecinos D., P. (1983). Petrologie des roches intrusives associées augisement de fer El Algarrobo (Chile). Unpub. Ph.D. thesis, Univ. Paris Sud Orsay, 191 p.

Moscoso, R. (1977). Avance Geológico de las hojas de Vallenar y La Serena, escala 1:250.000, Regiones de Atacama y Coquimbo. Ins. Invest. Geológicas.

Moscoso, R.F. (1979). Geología de una franja a la latitud de Domeyko, 29°S. Región de Atacama. Memoria de Título, Depto. de Geol., Unir. de Chile, Santiago.

Moscoso D., Ramón; Nasi P., Carlo; Salinas Z., Patricia. (1982). Geología de la hoja de Vallenar y parte norte de La Serena: Regiones de Atacama y Coquimbo, escala 1:250.000. Santiago: IIG. 100 p.: il., 1 mapa (Carta Geológica de Chile: n.55).

Moscoso, R.; Mpodozis, C. (1988). Estilos estructurales en el norte chico de Chile (28-31°S), regiones de Atacama y Coquimbo. Revista Geológica de Chile 15 (2): 151-166.

Mourgues F.A. (2007). Paléontologie stratigraphique (Ammonites) et evolution tectonosédimentaire du bassin d'arrière arc de Chañarcillo (Berriasien-Albien, Nord du Chili). PhD Thesis, University of Toulouse III, France.

Mourgues, F. A., M. Schilling y C. Castro (2012). “Propuesta de definición de los Contextos Geológicos Chilenos para la caracterización del patrimonio geológico nacional”, XIII Congreso Geológico Chileno, II Simposio de Geopatrimonio en Chile, Antofagasta, Actas, pp. 887-889.

Mpodozis, C. and Ramos, V. (1990). The Andes of Chile and Argentina. In: Ericksen, G.E., Pinochet, M.T, and Reinemund, J.A. (Editors). *Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Mineral Resources: Houston, Texas, Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Sciences Series, V. 11, Chapter 5, pp. 59-91.*

Mpodozis, C. y Allmendinger, R. (1993). Extensional tectonics, Cretaceous Andes, northern Chile (27°S). *Geological Society of America Bulletin.*

Oyarzún, R.; Ortega, L.; Sierra, J.; Lunar, R. (1996). The manto-type gold deposits of Andacollo (Chile) revisited: A model based on fluid inclusion and geologic evidence. *Economic Geology, Vol. 91, No 7, p. 1298-1309.*

Oyarzún R. (2011). *Estimación de Reservas Minerales.*

Palacios, C. (1974). *Geología y metalogénesis de la Formación La Negra y las rocas graníticas en el área de Tocopilla, Provincia de Antofagasta. Universidad de Chile, Departamento de Geología, Publicación, No. 43, p. 1-47.*

Pearce, J.A. (1983). Role of the Sub-Continental Lithosphere in Magma Genesis at Active Continental Margins. In: Hawkesworth, C.J. and Norry, M.J., Eds., *Continental Basalts and Mantle Xenoliths, Shiva Cheshire, UK, 230-249.*

Reyes, M. (1991). The Andacollo strata-bound gold deposit, Chile, and its position in a porphyry copper-gold System. In special Issue devoted to gold deposits in Chilean Andes (Sillitoe, R.; Camus F.; editors). *Economic Geology, Vol 86, No 6, p. 1301-1316.*

Richards, J. P. (2003). Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation. *Economic geology.*

Ribba, L., Mpodozis, C., Hervé, F., Nasi, C., Moscoso, R. (1988). El basamento del Valle del Tránsito, Cordillera de Vallenar: eventos magmáticos y metamórficos y su relación con la evolución de los andes chileno-argentinos. *Revista Geológica de Chile 15, 126-149.*

Ruiz F., Carlos, Aguirre Le Bert, Luis, Corvalán D., José, Klohn, Carlos, Klohn H., Erik y Levi, Beatriz. (1965). *Geología y yacimientos metalíferos de Chile. 2da. ed. Santiago: IIG.*

Salazar, E. (2012). *Evolución Tectono-Estratigráfica Post-Paleozoica de la Cordillera de Vallenar. Tesis de Magister. Universidad de Chile.*

Sato, T. (1984). Manto-Type Copper Deposits in Chile; a review. *Bulletin of the Geological Survey of Japan, Vol. 35, No. 11, p. 565-582.*

Scheuber E, Andriessen PAM. (1991). The kinematic and geodynamic significance of the Atacama Fault Zone, northern Chile. *J Struct Geol 12: 243-257.*

- Scheuber E, Reutter KJ. (1992). Relation between tectonics and magmatism in the Andes of northern Chile and adjacent areas between 21° and 25°S. *Tectonophysics* 205: 127–140.
- Segerstrom, K. & Parker, R.L. (1959). Cuadrángulo Cerrillos, escala 1: 50.000. Provincia de Atacama, Instituto de Investigaciones Geológicas, 1, 33 p.
- Segerstrom, K. 1960a. Cuadrángulo Quebrada Paipote, Provincia de Atacama. *Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile*, No 3, 35 p.
- Segerstrom 1960b. Cuadrángulo Llampos, Provincia de Atacama. *Inst. Invest. Geol., Carta Geol. Chile*, No 4, 41 p.
- Sillitoe, R.H. (1976). Andean mineralization a model for the metallogeny of convergent plate margins. In: Strong, D.F. (Editor) *Metallogeny and plate tectonics*, Geol. Assoc. Canada, Special Paper, N°14, pp. 59-100.
- Sillitoe, Richard. (1996). Granites and metal deposits. *Episodes*. 19. 126-133.
- Streckeisen, A. (1978). IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. Clasificación and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitite rocks. *Recommendations and suggestions: Neues Jahrbuch für Mineralogie*, v. 143, p. 1–14.
- Tavera Jerez, J. (1956). Fauna del cretáceo interior de Copiapó. *Anales De La Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas*, 13(13), Pág. 203–216.
- Thomas, L. (1985). *An Introduction to Mining*. Methuen of Australia, 471.
- Thorpe, R.S., Francis, P.W., y O’Callaghan, L. (1984). Relative roles of source composition, fractional crystallization and crustal contamination in the petrogenesis of Andean volcanic rocks. *Phil. Trans. R. Soc. London*. A310: 675-692.
- Townley, B. (2001). *Metalogénesis: Hidrotermalismo y Modelos de Yacimientos*. Geología Económica Departamento de Geología Universidad de Chile.
- USGS. (2011). Reserves and resources. United States Geological Survey. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2011/%20mcsapp2011.pdf>.
- Vila, T., Lindsay, N. And Zamora, R. (1996). Geology of Manto Verde Copper Deposit, Northern Chile: A Specularite-Rich, Hydrothermal-Tectonic Breccia Related to the Atacama Fault Zone. In: Camus, F., Sillitoe, R.H., and Petersen, R. end. *Andean Copper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny*. Society of Economic Geologists, Special Publication Number5, pp. 157-170.
- Vivallo, W., Espinosa, S., and Henriquez, F. (1993). Magnetite-apatite type iron-ore and gold mineralization in the Cerro Negro Norte district, Chile. In: Fenoll Hach-Ali, P., and

Gervilla, F., eds., Current Research in Geology Applied to Ore deposits: Granada, España, Universidad de Granada, pp. 587-590.

Vivallo, W., Espinosa, S., y Henríquez, F. (1994). Geología y mineralización del distrito ferrífero Cerro Imán, Copiapó – Chile: Revista Geológica de Chile, V. 21, Mo.2, pp. 197-212.

Whitney. (1988). The origin of granite: The role and source of water in the evolution of granitic magmas. Geological Society of America Bulletin, V. 100, p. 1886-1897.

Wilson, B.R. (1975). Carbonate Facies in Geological History. Springer, Berlin.

Zamora, R. y Castillo, B. (2001). Mineralización de Fe-Cu-Au en el Distrito Mantoverde, Cordillera de la Costa. III Región de Atacama, Chile. II Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores. Lima. Perú. pp. 245-258.

Zeil, Werner (1979). The Andes - A Geological Review. Gebrüder Borntraeger, Berlin.

Zentilli, M. (1974). Geological evolution and metallogenic relationships in the Andes of northern Chile, between 26° and 29° south. Ph.D. Thesis. Queen's University: 446 p., Kingston, Canada.

## ANEXOS

### Anexo 1.- Base de datos del Distrito minero El Churque

#### COLLAR

HOLEID	NORTE	ESTE	COTA	LARGO
ESLA-SD1	6807350.64	321346.94	1026	60.9
ESLA-SD2	6807295.47	321349.462	1028	30.3
ESLA-SD3	6807249.15	321367.885	1027	47.3
ESLA-SD4	6807200.32	321390.459	1026.971	40.2
ESLA-SD5	6807175.92	321460.262	1016.286	40.4
ESLA-SD6	6807275.5	321415.221	1017.754	40.2
ESLA-SD7	6807003.67	321476.825	1028.034	65.2
ESLA-SD8	6806972.43	321507.173	1027.487	65.3
ESSG-SD1	6806653.9	321464.865	993.443	60.3
ESSG-SD2	6806621	321493.991	987.63	20.3
ESSG-SD3	6806646.32	321435.492	997.722	30.3
ESSG-SD4	6806601.94	321440.289	994.655	30.3
ESSG-SD5	6806596.64	321469.848	988.955	20.3
ESSG-SD6	6806508.35	321455.196	982.156	40.45
ESSG-SD7	6806525.29	321467.252	983.038	30.35
ESSG-SD8	6806521.24	321439.712	984.083	40.25
ESSG-SD9	6806550.25	321453.73	988.147	32.4
ESSG-SD10	6806543.81	321431.74	986.52	32.4
ESSG-SD11	6806678.87	321495.535	990.273	20.1
DAN-SD1	6807527.67	321793.501	1015.06	35.3
DAN-SD2	6807436.18	321849.728	1015.855	30
DAN-SD3	6807436.27	321886.644	1014.906	30.65
DAN-SD4	6807529.24	321852.833	1006	31.8
DAN-SD5	6807489.26	321866.987	1008.54	29
DAN-SD6	6807431.23	321944.926	1015.831	29.3
DAN-SD7	6807328.4	321971.362	1015.088	26.95
DAN-SD8	6807288.57	321953.088	1016.628	30
DAN-SD9	6807292.63	322050.12	1014.642	30.1
DAN-SD10	6807342.18	321998.829	1012.804	30.1
DAN-SD11	6807379.51	322000.218	1010.393	30
DAN-SD12	6807069.48	322082.706	994.548	30

## ASSAY

HOLEID	FROM	TO	CUT	CUS	CUINS	AG	H
ESLA-SD1	0	1.3	0.7	0.7	0	23	0.01
ESLA-SD1	1.3	2.7	0.14	0.14	0	7.1	0.01
ESLA-SD1	2.7	4.1	0.5	0.5	0	20.6	0.01
ESLA-SD1	4.1	4.8	0.13	0.13	0	4.7	0.01
ESLA-SD1	4.8	5.1	0.13	0.13	0	4.7	0.01
ESLA-SD1	5.1	6.1	0.01	0.01	0	0.8	0.01
ESLA-SD1	6.1	8	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD1	8	11.65	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD1	11.65	14.5	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD1	14.5	15.6	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD1	15.6	16.6	0.03	0.03	0	1.1	0.01
ESLA-SD1	16.6	17.8	1.19	0.68	0.51	43.8	27.9
ESLA-SD1	17.8	18.7	0.32	0.15	0.17	24	0.01
ESLA-SD1	18.7	27.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD1	27.3	30.47	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD1	30.47	42.4	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD1	42.4	43.4	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD1	43.4	60.9	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD2	0	2.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD2	2.3	3.6	0.03	0.03	0	1.3	0.01
ESLA-SD2	3.6	8.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD2	8.3	9.3	0.34	0.34	0	5.5	0.01
ESLA-SD2	9.3	10.7	0.17	0.17	0	2.7	0.01
ESLA-SD2	10.7	12.1	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD2	12.1	13.1	0.04	0.02	0.02	1.5	0.01
ESLA-SD2	13.1	14.1	0.67	0.37	0.3	15.3	0.01
ESLA-SD2	14.1	15.1	0.05	0.03	0.02	1.4	0.01
ESLA-SD2	15.1	16.1	0.02	0.01	0.01	0.7	0.01
ESLA-SD2	16.1	17.1	0.07	0.05	0.02	3.9	0.01
ESLA-SD2	17.1	17.5	0.01	0.005	0.005	0.5	0.01
ESLA-SD2	17.5	18.1	0.01	0.005	0.005	0.5	0.01
ESLA-SD2	18.1	26.2	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD2	26.2	27.4	0.79	0.3	0.49	67.4	0.01
ESLA-SD2	27.4	28.4	0.05	0.01	0.04	3.3	0.01
ESLA-SD2	28.4	30.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD3	0	3.8	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD3	3.8	14.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD3	14.3	15.3	0.15	0.15	0	5.4	0.01
ESLA-SD3	15.3	16.3	0.15	0.15	0	3.2	0.01
ESLA-SD3	16.3	20.7	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD3	20.7	21.7	0.1	0.05	0.05	2.2	0.01

ESLA-SD3	21.7	22.7	0.01	0.005	0.005	0.3	0.01
ESLA-SD3	22.7	23.7	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESLA-SD3	23.7	24.7	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESLA-SD3	24.7	29.8	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD3	29.8	30.8	0.45	0.45	0	17.7	0.01
ESLA-SD3	30.8	31.8	1.49	0.19	1.3	60.4	131.9
ESLA-SD3	31.8	32.8	1.19	0.27	0.92	52.8	106.9
ESLA-SD3	32.8	33.8	0.07	0	0.07	3	0.01
ESLA-SD3	33.8	35.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD3	35.3	36.3	0.76	0	0.76	35.4	0.01
ESLA-SD3	36.3	42.1	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD3	42.1	47.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD4	0	14.85	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD4	14.85	16.5	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD4	16.5	24.9	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD4	24.9	32	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD4	32	33.6	0.18	0.08	0.1	3.7	0.01
ESLA-SD4	33.6	38.7	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD4	38.7	40.2	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD5	0	4.15	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD5	4.15	8.4	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD5	8.4	9.4	0.33	0.33	0	14.9	0.01
ESLA-SD5	9.4	10.4	0.11	0.11	0	6.6	0.01
ESLA-SD5	10.4	11.4	0.13	0.1	0.03	10.8	0.01
ESLA-SD5	11.4	12.4	0.01	0.05	0.005	1	0.01
ESLA-SD5	12.4	12.9	0.05	0.025	0.025	1.15	0.01
ESLA-SD5	12.9	13.4	0.05	0.025	0.025	1.15	0.01
ESLA-SD5	13.4	18	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD5	18	18.65	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD5	18.65	22.2	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD5	22.2	23.2	1.38	0.23	1.15	84.4	107.8
ESLA-SD5	23.2	24.2	0.93	0.1	0.83	65.1	0.01
ESLA-SD5	24.2	25.8	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD5	25.8	26.8	0.64	0	0.64	35.2	0.01
ESLA-SD5	26.8	32.8	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD5	32.8	40.4	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD6	0	4.5	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD6	4.5	5.5	0.08	0.08	0	5.1	0.01
ESLA-SD6	5.5	11.1	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD6	11.1	12.1	1.47	1.08	0.39	70.5	15.6
ESLA-SD6	12.1	13.1	2.19	0.49	1.7	117.7	39.7
ESLA-SD6	13.1	18.8	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD6	18.8	20.1	1.4	1.25	0.15	34.9	16

ESLA-SD6	20.1	24.8	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD6	24.8	36.75	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD6	36.75	40.2	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD7	0	11	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD7	11	13.2	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD7	13.2	36	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD7	36	36.5	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD7	36.5	47.2	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD7	47.2	48.2	0.14	0.07	0.07	5.8	0.01
ESLA-SD7	48.2	49.2	0.16	0.08	0.08	9	0.01
ESLA-SD7	49.2	59.6	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD7	59.6	60.6	0.74	0	0.74	49.2	0.01
ESLA-SD7	60.6	65.2	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD8	0	14	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD8	14	28.5	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD8	28.5	32.75	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD8	32.75	33.75	0.24	0.21	0.03	7.4	0.01
ESLA-SD8	33.75	41.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD8	41.3	42.3	0.06	0.05	0.01	3.8	0.01
ESLA-SD8	42.3	43.3	0.26	0.16	0.1	13.3	0.01
ESLA-SD8	43.3	44.3	0.21	0.08	0.13	8.2	0.01
ESLA-SD8	44.3	45.3	0.08	0.04	0.04	3.8	0.01
ESLA-SD8	45.3	46.3	0.06	0.03	0.03	3.3	0.01
ESLA-SD8	46.3	47.3	0.01	0.005	0.005	0.7	0.01
ESLA-SD8	47.3	56.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD8	56.3	57.34	0.42	0.07	0.35	38.9	0.01
ESLA-SD8	57.34	62.3	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD8	62.3	64.2	0	0	0	0	0.01
ESLA-SD8	64.2	65.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD1	0	8.35	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD1	8.35	15.2	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD1	15.2	16.2	1.88	1.66	0.22	110.9	12
ESSG-SD1	16.2	17.4	1.89	1.65	0.24	117.3	11.1
ESSG-SD1	17.4	22.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD1	22.3	23.3	1.28	1.18	0.1	39.9	12.4
ESSG-SD1	23.3	26.4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD1	26.4	57	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD1	57	60.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD2	0	1.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD2	1.3	2.3	0.08	0.05	0.03	1.5	0.01
ESSG-SD2	2.3	4.95	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD2	4.95	8.15	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD2	8.15	9.55	1.9	1.48	0.42	41.5	16.9

ESSG-SD2	9.55	13.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD2	13.3	16	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD2	16	18.82	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD2	18.82	20.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	0	2.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	2.3	3.6	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	3.6	4.6	0.09	0.07	0.02	2.3	0.01
ESSG-SD3	4.6	5.25	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	5.25	6.9	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	6.9	10.8	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	10.8	17.6	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	17.6	18.7	0.83	0.69	0.14	11	0.01
ESSG-SD3	18.7	19.45	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	19.45	24.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	24.3	25.3	1.04	0.91	0.13	12.9	24.3
ESSG-SD3	25.3	26.8	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD3	26.8	30.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD4	0	3.75	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD4	3.75	6.1	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD4	6.1	7.78	0.04	0.03	0.01	0.5	0.01
ESSG-SD4	7.78	10.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD4	10.3	12.5	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD4	12.5	17.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD4	17.3	23.77	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD4	23.77	24.27	1.27	1.14	0.13	6.4	20.4
ESSG-SD4	24.27	24.77	0.12	0.09	0.03	0.8	0.01
ESSG-SD4	24.77	26.03	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD4	26.03	26.76	0.02	0.01	0.01	0.6	0.01
ESSG-SD4	26.76	30.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD5	0	2.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD5	2.3	3.3	0.06	0.02	0.04	0.9	0.01
ESSG-SD5	3.3	4.3	0.04	0.02	0.02	0.2	0.01
ESSG-SD5	4.3	5.3	0.03	0.01	0.02	0.2	0.01
ESSG-SD5	5.3	6.1	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD5	6.1	9.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD5	9.3	11.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD5	11.3	14.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD5	14.3	16.12	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESSG-SD5	16.12	17	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD5	17	18	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD5	18	20.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD6	0	5.8	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD6	5.8	8.3	0	0	0	0	0.01

ESSG-SD6	8.3	10.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD6	10.3	17.4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD6	17.4	18.3	1.95	1.64	0.31	11.1	12.7
ESSG-SD6	18.3	19.4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD6	19.4	21.9	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD6	21.9	23.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD6	23.3	23.98	0.04	0.03	0.01	0.6	0.01
ESSG-SD6	23.98	25.28	0.25	0.1	0.15	0.8	0.01
ESSG-SD6	25.28	27.7	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD6	27.7	40.45	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD7	0	5.8	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD7	5.8	7.45	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD7	7.45	18.85	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD7	18.85	19.85	0.41	0.35	0.06	23	0.01
ESSG-SD7	19.85	21.3	0.02	0.01	0.01	1.5	0.01
ESSG-SD7	21.3	24.77	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD7	24.77	25.98	1.94	0.23	1.71	104.9	68.5
ESSG-SD7	25.98	28.25	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD7	28.25	29.5	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD7	29.5	30.35	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	0	2.25	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	2.25	6.4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	6.4	8.4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	8.4	16	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	16	17	0.07	0.03	0.04	1.8	0.01
ESSG-SD8	17	18	0.03	0.01	0.02	0.3	0.01
ESSG-SD8	18	19	0.01	0.01	0	0.2	0.01
ESSG-SD8	19	20	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESSG-SD8	20	20.48	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESSG-SD8	20.48	22.25	0.01	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	22.25	23.25	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESSG-SD8	23.25	25.5	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	25.5	26	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	26	33.4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD8	33.4	40.25	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD9	0	3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD9	3	8.8	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD9	8.8	9.9	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD9	9.9	22.5	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD9	22.5	23	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD9	23	29.03	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD9	29.03	30.03	1.08	0.95	0.13	21.4	16.5
ESSG-SD9	30.03	32.4	0	0	0	0	0.01

ESSG-SD10	0	4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD10	4	5	0.02	0.01	0.01	0.4	0.01
ESSG-SD10	5	9.5	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD10	9.5	10.7	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD10	10.7	11.7	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD10	11.7	12.7	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD10	12.7	17.8	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD10	17.8	18.8	0.01	0.005	0.005	0.2	0.01
ESSG-SD10	18.8	20	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD10	20	21	0.02	0.01	0.01	0.2	0.01
ESSG-SD10	21	22	0.02	0.01	0.01	0.2	0.01
ESSG-SD10	22	24.4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD10	24.4	32.4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD11	0	1.8	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD11	1.8	2.8	0.03	0.01	0.02	0.2	0.01
ESSG-SD11	2.8	4	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD11	4	7.9	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD11	7.9	8.9	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD11	8.9	10.8	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD11	10.8	11.8	0.52	0.44	0.08	0.4	0.01
ESSG-SD11	11.8	12.8	0.61	0.2	0.41	0.9	0.01
ESSG-SD11	12.8	13.8	0.57	0.37	0.2	0.2	0.01
ESSG-SD11	13.8	14.8	0.35	0.19	0.16	0.2	0.01
ESSG-SD11	14.8	16.27	0.3	0.15	0.15	0.2	0.01
ESSG-SD11	16.27	19.3	0	0	0	0	0.01
ESSG-SD11	19.3	20.1	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	0	9	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	9	9.5	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	9.5	12.27	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	12.27	13.27	0.13	0.07	0.06	0.4	0.01
DAN-SD1	13.27	14.3	0.04	0.02	0.02	0.2	0.01
DAN-SD1	14.3	17	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	17	17.5	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	17.5	19.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	19.8	20.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	20.8	21.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	21.3	22.3	0.42	0.29	0.13	2.2	0.01
DAN-SD1	22.3	23.3	0.32	0.14	0.18	0.9	0.01
DAN-SD1	23.3	24.6	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	24.6	25.7	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	25.7	26.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	26.3	31.1	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	31.1	32.6	0	0	0	0	0.01

DAN-SD1	32.6	33	0	0	0	0	0.01
DAN-SD1	33	35.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD2	0	5.7	0	0	0	0	0.01
DAN-SD2	5.7	11.4	0	0	0	0	0.01
DAN-SD2	11.4	14.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD2	14.3	15.3	0.27	0.2	0.07	11.3	0.01
DAN-SD2	15.3	16.3	0.89	0.78	0.11	9.2	0.01
DAN-SD2	16.3	18.85	0	0	0	0	0.01
DAN-SD2	18.85	22.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD2	22.8	23.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD2	23.3	24.3	1.92	1.83	0.09	35.5	13.8
DAN-SD2	24.3	25.3	2.57	2.55	0.02	35.8	8.2
DAN-SD2	25.3	26.3	0.2	0.18	0.02	3.4	0.01
DAN-SD2	26.3	28.5	0	0	0	0	0.01
DAN-SD2	28.5	30	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	0	6.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	6.8	8.6	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	8.6	11.4	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	11.4	14.2	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	14.2	15.5	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	15.5	17	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	17	18	0.17	0.12	0.05	1.2	0.01
DAN-SD3	18	19	0.93	0.8	0.13	1.4	0.01
DAN-SD3	19	20	1.47	1.23	0.24	2.1	26.4
DAN-SD3	20	21	0.52	0.43	0.09	2.3	0.01
DAN-SD3	21	22	0.08	0.06	0.02	0.7	0.01
DAN-SD3	22	23.25	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	23.25	25.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	25.8	27.1	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	27.1	27.95	0	0	0	0	0.01
DAN-SD3	27.95	28.95	0.48	0.38	0.1	20.2	0.01
DAN-SD3	28.95	30.65	0	0	0	0	0.01
DAN-SD4	0	7.5	0	0	0	0	0.01
DAN-SD4	7.5	11.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD4	11.3	12.5	0	0	0	0	0.01
DAN-SD4	12.5	13.5	0.85	0.74	0.11	1.5	0.01
DAN-SD4	13.5	14.5	0.64	0.56	0.08	0.8	0.01
DAN-SD4	14.5	15.5	0.19	0.17	0.02	1.1	0.01
DAN-SD4	15.5	16.5	0.09	0.07	0.02	2.3	0.01
DAN-SD4	16.5	17.5	0.16	0.07	0.09	2.7	0.01
DAN-SD4	17.5	18.65	0.16	0.09	0.07	3.4	0.01
DAN-SD4	18.65	19.65	0.56	0.46	0.1	6.6	0.01
DAN-SD4	19.65	20.65	0.17	0.13	0.04	2.6	0.01

DAN-SD4	20.65	21.65	0.11	0.08	0.03	2.2	0.01
DAN-SD4	21.65	23.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD4	23.3	30.9	0	0	0	0	0.01
DAN-SD4	30.9	31.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD5	0	3.7	0	0	0	0	0.01
DAN-SD5	3.7	5.6	0	0	0	0	0.01
DAN-SD5	5.6	7.22	0	0	0	0	0.01
DAN-SD5	7.22	8.22	0.68	0.62	0.06	9.8	0.01
DAN-SD5	8.22	9.55	0	0	0	0	0.01
DAN-SD5	9.55	10.65	2.03	1.85	0.18	29.6	13.4
DAN-SD5	10.65	12.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD5	12.3	16.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD5	16.3	20.2	0	0	0	0	0.01
DAN-SD5	20.2	29	0	0	0	0	0.01
DAN-SD6	0	8.5	0	0	0	0	0.01
DAN-SD6	8.5	9.5	0.34	0.15	0.19	17.6	0.01
DAN-SD6	9.5	15.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD6	15.8	20	0	0	0	0	0.01
DAN-SD6	20	22.1	0	0	0	0	0.01
DAN-SD6	22.1	27.95	0	0	0	0	0.01
DAN-SD6	27.95	28.95	0.01	0.01	0	0.4	0.01
DAN-SD6	28.95	29.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD7	0	4.05	0	0	0	0	0.01
DAN-SD7	4.05	5.05	3.33	3.19	0.14	50.9	6.4
DAN-SD7	5.05	6.05	2.83	2.72	0.11	80.5	8.5
DAN-SD7	6.05	7	2.02	1.84	0.18	10.5	6.2
DAN-SD7	7	11.4	0	0	0	0	0.01
DAN-SD7	11.4	20.2	0	0	0	0	0.01
DAN-SD7	20.2	23.25	0	0	0	0	0.01
DAN-SD7	23.25	24.25	0.05	0.04	0.01	0.5	0.01
DAN-SD7	24.25	26.95	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	0	3.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	3.3	6.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	6.3	8.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	8.3	10.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	10.3	13.6	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	13.6	23.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	23.3	26.1	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	26.1	27.5	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	27.5	28.1	0	0	0	0	0.01
DAN-SD8	28.1	30	0	0	0	0	0.01
DAN-SD9	0	1.65	0	0	0	0	0.01
DAN-SD9	1.65	2.65	0.72	0.53	0.19	1.9	45.7

DAN-SD9	2.65	3.9	0.64	0.5	0.14	1.3	62.7
DAN-SD9	3.9	6.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD9	6.3	13.6	0	0	0	0	0.01
DAN-SD9	13.6	15.9	0	0	0	0	0.01
DAN-SD9	15.9	24.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD9	24.3	26.85	0	0	0	0	0.01
DAN-SD9	26.85	30.1	0	0	0	0	0.01
DAN-SD10	0	5.55	0	0	0	0	0.01
DAN-SD10	5.55	6.8	1.1	0.97	0.13	3.3	17.9
DAN-SD10	6.8	9.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD10	9.3	19.2	0	0	0	0	0.01
DAN-SD10	19.2	20.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD10	20.3	30.1	0	0	0	0	0.01
DAN-SD11	0	2.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD11	2.3	5.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD11	5.3	14.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD11	14.3	18.9	0	0	0	0	0.01
DAN-SD11	18.9	22.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD11	22.3	30	0	0	0	0	0.01
DAN-SD12	0	2.3	0	0	0	0	0.01
DAN-SD12	2.3	3.3	0.14	0.08	0.06	1.6	0.01
DAN-SD12	3.3	4.3	0.06	0.03	0.03	3.9	0.01
DAN-SD12	4.3	5.3	0.03	0.02	0.01	0.2	0.01
DAN-SD12	5.3	7.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD12	7.8	9.2	0	0	0	0	0.01
DAN-SD12	9.2	13.8	0	0	0	0	0.01
DAN-SD12	13.8	22.7	0	0	0	0	0.01
DAN-SD12	22.7	25.6	0	0	0	0	0.01
DAN-SD12	25.6	30	0	0	0	0	0.01

## SURVEY

HOILED	LARGO	AZIMUT	DIP
ESLA-SD1	60.9	0	-90
ESLA-SD2	30.3	0	-90
ESLA-SD3	47.3	0	-90
ESLA-SD4	40.2	0	-90
ESLA-SD5	40.4	0	-90
ESLA-SD6	40.2	0	-90
ESLA-SD7	65.2	0	-90
ESLA-SD8	65.3	0	-90
ESSG-SD1	60.3	0	-90
ESSG-SD2	20.3	0	-90
ESSG-SD3	30.3	0	-90
ESSG-SD4	30.3	0	-90
ESSG-SD5	20.3	0	-90
ESSG-SD6	40.45	0	-90
ESSG-SD7	30.35	0	-90
ESSG-SD8	40.25	0	-90
ESSG-SD9	32.4	0	-90
ESSG-SD10	32.4	0	-90
ESSG-SD11	20.1	0	-90
DAN-SD1	35.3	0	-90
DAN-SD2	30	0	-90
DAN-SD3	30.65	0	-90
DAN-SD4	31.8	0	-90
DAN-SD5	29	0	-90
DAN-SD6	29.3	0	-90
DAN-SD7	26.95	0	-90
DAN-SD8	30	0	-90
DAN-SD9	30.1	0	-90
DAN-SD10	30.1	0	-90
DAN-SD11	30	0	-90
DAN-SD12	30	0	-90

## GEO

HOLEID	FROM	TO	LITOLOGIA	ZONA
ESLA-SD1	0	1.3	BV	OXIDOS
ESLA-SD1	1.3	2.7	BV	OXIDOS
ESLA-SD1	2.7	4.1	BV	OXIDOS
ESLA-SD1	4.1	4.8	BV	OXIDOS
ESLA-SD1	4.8	5.1	AP	OXIDOS
ESLA-SD1	5.1	6.1	AP	OXIDOS
ESLA-SD1	6.1	8	AP	ESTERIL
ESLA-SD1	8	11.65	BRECHAHIDRO	ESTERIL
ESLA-SD1	11.65	14.5	AP	ESTERIL
ESLA-SD1	14.5	15.6	BRECHAHIDRO	ESTERIL
ESLA-SD1	15.6	16.6	BRECHAHIDRO	TRANSICION
ESLA-SD1	16.6	17.8	BV	TRANSICION
ESLA-SD1	17.8	18.7	AP	TRANSICION
ESLA-SD1	18.7	27.3	AP	ESTERIL
ESLA-SD1	27.3	30.47	BT	ESTERIL
ESLA-SD1	30.47	42.4	CI	ESTERIL
ESLA-SD1	42.4	43.4	BT	ESTERIL
ESLA-SD1	43.4	60.9	CI	ESTERIL
ESLA-SD2	0	2.3	BV	ESTERIL
ESLA-SD2	2.3	3.6	BV	OXIDOS
ESLA-SD2	3.6	8.3	AP	ESTERIL
ESLA-SD2	8.3	9.3	BV	OXIDOS
ESLA-SD2	9.3	10.7	BV	OXIDOS
ESLA-SD2	10.7	12.1	AP	ESTERIL
ESLA-SD2	12.1	13.1	AP	OXIDOS
ESLA-SD2	13.1	14.1	BV	TRANSICION
ESLA-SD2	14.1	15.1	BV	TRANSICION
ESLA-SD2	15.1	16.1	BV	TRANSICION
ESLA-SD2	16.1	17.1	BV	TRANSICION
ESLA-SD2	17.1	17.5	BV	TRANSICION
ESLA-SD2	17.5	18.1	AP	ESTERIL
ESLA-SD2	18.1	26.2	AP	ESTERIL
ESLA-SD2	26.2	27.4	BV	TRANSICION
ESLA-SD2	27.4	28.4	AP	SULFUROS
ESLA-SD2	28.4	30.3	AP	ESTERIL
ESLA-SD3	0	3.8	BV	ESTERIL
ESLA-SD3	3.8	14.3	AP	ESTERIL
ESLA-SD3	14.3	15.3	BV	OXIDOS
ESLA-SD3	15.3	16.3	BV	OXIDOS
ESLA-SD3	16.3	20.7	AP	ESTERIL
ESLA-SD3	20.7	21.7	BV	TRANSICION

ESLA-SD3	21.7	22.7	BV	ESTERIL
ESLA-SD3	22.7	23.7	BV	ESTERIL
ESLA-SD3	23.7	24.7	BV	ESTERIL
ESLA-SD3	24.7	29.8	AP	ESTERIL
ESLA-SD3	29.8	30.8	BV	ESTERIL
ESLA-SD3	30.8	31.8	BV	SULFUROS
ESLA-SD3	31.8	32.8	BV	SULFUROS
ESLA-SD3	32.8	33.8	AP	SULFUROS
ESLA-SD3	33.8	35.3	AP	ESTERIL
ESLA-SD3	35.3	36.3	BV	SULFUROS
ESLA-SD3	36.3	42.1	BT	ESTERIL
ESLA-SD3	42.1	47.3	CI	ESTERIL
ESLA-SD4	0	14.85	AP	ESTERIL
ESLA-SD4	14.85	16.5	BV	ESTERIL
ESLA-SD4	16.5	24.9	AP	ESTERIL
ESLA-SD4	24.9	32	AP	ESTERIL
ESLA-SD4	32	33.6	BV	SULFUROS
ESLA-SD4	33.6	38.7	CI	ESTERIL
ESLA-SD4	38.7	40.2	BV	ESTERIL
ESLA-SD5	0	4.15	BV	ESTERIL
ESLA-SD5	4.15	8.4	AP	ESTERIL
ESLA-SD5	8.4	9.4	BV	OXIDOS
ESLA-SD5	9.4	10.4	BV	OXIDOS
ESLA-SD5	10.4	11.4	BV	TRANSICION
ESLA-SD5	11.4	12.4	CI	ESTERIL
ESLA-SD5	12.4	12.9	BV	ESTERIL
ESLA-SD5	12.9	13.4	CI	ESTERIL
ESLA-SD5	13.4	18	CI	ESTERIL
ESLA-SD5	18	18.65	BT	ESTERIL
ESLA-SD5	18.65	22.2	AP	ESTERIL
ESLA-SD5	22.2	23.2	BV	SULFUROS
ESLA-SD5	23.2	24.2	BV	SULFUROS
ESLA-SD5	24.2	25.8	BT	ESTERIL
ESLA-SD5	25.8	26.8	BT	SULFUROS
ESLA-SD5	26.8	32.8	BT	ESTERIL
ESLA-SD5	32.8	40.4	CI	ESTERIL
ESLA-SD6	0	4.5	BV	ESTERIL
ESLA-SD6	4.5	5.5	BV	OXIDOS
ESLA-SD6	5.5	11.1	AP	ESTERIL
ESLA-SD6	11.1	12.1	BV	OXIDOS
ESLA-SD6	12.1	13.1	BV	TRANSICION
ESLA-SD6	13.1	18.8	AP	ESTERIL
ESLA-SD6	18.8	20.1	BV	OXIDOS

ESLA-SD6	20.1	24.8	BV	ESTERIL
ESLA-SD6	24.8	36.75	BT	ESTERIL
ESLA-SD6	36.75	40.2	AP	ESTERIL
ESLA-SD7	0	11	CS	ESTERIL
ESLA-SD7	11	13.2	DIQUE	ESTERIL
ESLA-SD7	13.2	36	BT	ESTERIL
ESLA-SD7	36	36.5	BV	ESTERIL
ESLA-SD7	36.5	47.2	AP	ESTERIL
ESLA-SD7	47.2	48.2	BV	TRANSICION
ESLA-SD7	48.2	49.2	BV	TRANSICION
ESLA-SD7	49.2	59.6	AP	ESTERIL
ESLA-SD7	59.6	60.6	BV	SULFUROS
ESLA-SD7	60.6	65.2	BT	ESTERIL
ESLA-SD8	0	14	CS	ESTERIL
ESLA-SD8	14	28.5	BT	ESTERIL
ESLA-SD8	28.5	32.75	AP	ESTERIL
ESLA-SD8	32.75	33.75	BV	OXIDOS
ESLA-SD8	33.75	41.3	AP	ESTERIL
ESLA-SD8	41.3	42.3	BV	OXIDOS
ESLA-SD8	42.3	43.3	BV	TRANSICION
ESLA-SD8	43.3	44.3	BV	TRANSICION
ESLA-SD8	44.3	45.3	BV	TRANSICION
ESLA-SD8	45.3	46.3	BV	TRANSICION
ESLA-SD8	46.3	47.3	BV	ESTERIL
ESLA-SD8	47.3	56.3	AP	ESTERIL
ESLA-SD8	56.3	57.34	BV	SULFUROS
ESLA-SD8	57.34	62.3	AP	ESTERIL
ESLA-SD8	62.3	64.2	BV	ESTERIL
ESLA-SD8	64.2	65.3	BT	ESTERIL
ESSG-SD1	0	8.35	BV	ESTERIL
ESSG-SD1	8.35	15.2	AP	ESTERIL
ESSG-SD1	15.2	16.2	BV	OXIDOS
ESSG-SD1	16.2	17.4	BV	OXIDOS
ESSG-SD1	17.4	22.3	AP	ESTERIL
ESSG-SD1	22.3	23.3	BV	OXIDOS
ESSG-SD1	23.3	26.4	BT	ESTERIL
ESSG-SD1	26.4	57	CI	ESTERIL
ESSG-SD1	57	60.3	BT	ESTERIL
ESSG-SD2	0	1.3	BV	ESTERIL
ESSG-SD2	1.3	2.3	BV	OXIDOS
ESSG-SD2	2.3	4.95	BV	ESTERIL
ESSG-SD2	4.95	8.15	AP	ESTERIL
ESSG-SD2	8.15	9.55	BV	OXIDOS

ESSG-SD2	9.55	13.3	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD2	13.3	16	BT	ESTERIL
ESSG-SD2	16	18.82	CI	ESTERIL
ESSG-SD2	18.82	20.3	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD3	0	2.3	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD3	2.3	3.6	BV	ESTERIL
ESSG-SD3	3.6	4.6	BV	OXIDOS
ESSG-SD3	4.6	5.25	BV	ESTERIL
ESSG-SD3	5.25	6.9	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD3	6.9	10.8	BT	ESTERIL
ESSG-SD3	10.8	17.6	AP	ESTERIL
ESSG-SD3	17.6	18.7	BV	OXIDOS
ESSG-SD3	18.7	19.45	BV	ESTERIL
ESSG-SD3	19.45	24.3	AP	ESTERIL
ESSG-SD3	24.3	25.3	BV	OXIDOS
ESSG-SD3	25.3	26.8	BT	ESTERIL
ESSG-SD3	26.8	30.3	CI	ESTERIL
ESSG-SD4	0	3.75	BV	ESTERIL
ESSG-SD4	3.75	6.1	BT	ESTERIL
ESSG-SD4	6.1	7.78	BV	OXIDOS
ESSG-SD4	7.78	10.3	BV	ESTERIL
ESSG-SD4	10.3	12.5	BT	ESTERIL
ESSG-SD4	12.5	17.3	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD4	17.3	23.77	AP	ESTERIL
ESSG-SD4	23.77	24.27	BV	OXIDOS
ESSG-SD4	24.27	24.77	BV	OXIDOS
ESSG-SD4	24.77	26.03	AP	ESTERIL
ESSG-SD4	26.03	26.76	BV	TRANSICION
ESSG-SD4	26.76	30.3	AP	ESTERIL
ESSG-SD5	0	2.3	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD5	2.3	3.3	BV	OXIDOS
ESSG-SD5	3.3	4.3	BV	OXIDOS
ESSG-SD5	4.3	5.3	BV	OXIDOS
ESSG-SD5	5.3	6.1	BRECHAFALLA	ESTERIL
ESSG-SD5	6.1	9.3	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD5	9.3	11.3	BRECHAFALLA	ESTERIL
ESSG-SD5	11.3	14.3	AP	ESTERIL
ESSG-SD5	14.3	16.12	BV	ESTERIL
ESSG-SD5	16.12	17	AP	ESTERIL
ESSG-SD5	17	18	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD5	18	20.3	AP	ESTERIL
ESSG-SD6	0	5.8	BV	ESTERIL
ESSG-SD6	5.8	8.3	AP	ESTERIL

ESSG-SD6	8.3	10.3	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD6	10.3	17.4	AP	ESTERIL
ESSG-SD6	17.4	18.3	BV	OXIDOS
ESSG-SD6	18.3	19.4	BT	ESTERIL
ESSG-SD6	19.4	21.9	AP	ESTERIL
ESSG-SD6	21.9	23.3	AP	ESTERIL
ESSG-SD6	23.3	23.98	BV	ESTERIL
ESSG-SD6	23.98	25.28	BV	TRANSICION
ESSG-SD6	25.28	27.7	BT	ESTERIL
ESSG-SD6	27.7	40.45	CI	ESTERIL
ESSG-SD7	0	5.8	BV	ESTERIL
ESSG-SD7	5.8	7.45	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD7	7.45	18.85	AP	ESTERIL
ESSG-SD7	18.85	19.85	BV	OXIDOS
ESSG-SD7	19.85	21.3	BV	ESTERIL
ESSG-SD7	21.3	24.77	AP	ESTERIL
ESSG-SD7	24.77	25.98	BV	SULFUROS
ESSG-SD7	25.98	28.25	BT	ESTERIL
ESSG-SD7	28.25	29.5	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD7	29.5	30.35	CI	ESTERIL
ESSG-SD8	0	2.25	BV	ESTERIL
ESSG-SD8	2.25	6.4	AP	ESTERIL
ESSG-SD8	6.4	8.4	BV	ESTERIL
ESSG-SD8	8.4	16	AP	ESTERIL
ESSG-SD8	16	17	BV	TRANSICION
ESSG-SD8	17	18	BV	ESTERIL
ESSG-SD8	18	19	BV	ESTERIL
ESSG-SD8	19	20	BV	ESTERIL
ESSG-SD8	20	20.48	BV	ESTERIL
ESSG-SD8	20.48	22.25	AP	ESTERIL
ESSG-SD8	22.25	23.25	BV	ESTERIL
ESSG-SD8	23.25	25.5	AP	ESTERIL
ESSG-SD8	25.5	26	AP	ESTERIL
ESSG-SD8	26	33.4	AP	ESTERIL
ESSG-SD8	33.4	40.25	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD9	0	3	BV	ESTERIL
ESSG-SD9	3	8.8	AP	ESTERIL
ESSG-SD9	8.8	9.9	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD9	9.9	22.5	AP	ESTERIL
ESSG-SD9	22.5	23	BV	ESTERIL
ESSG-SD9	23	29.03	AP	ESTERIL
ESSG-SD9	29.03	30.03	BV	OXIDOS
ESSG-SD9	30.03	32.4	BT	ESTERIL

ESSG-SD10	0	4	BV	ESTERIL
ESSG-SD10	4	5	BV	ESTERIL
ESSG-SD10	5	9.5	BV	ESTERIL
ESSG-SD10	9.5	10.7	AP	ESTERIL
ESSG-SD10	10.7	11.7	BV	ESTERIL
ESSG-SD10	11.7	12.7	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD10	12.7	17.8	AP	ESTERIL
ESSG-SD10	17.8	18.8	BV	ESTERIL
ESSG-SD10	18.8	20	AP	ESTERIL
ESSG-SD10	20	21	BV	ESTERIL
ESSG-SD10	21	22	BV	ESTERIL
ESSG-SD10	22	24.4	BV	ESTERIL
ESSG-SD10	24.4	32.4	AP	ESTERIL
ESSG-SD11	0	1.8	BV	ESTERIL
ESSG-SD11	1.8	2.8	BV	OXIDOS
ESSG-SD11	2.8	4	BV	ESTERIL
ESSG-SD11	4	7.9	AP	ESTERIL
ESSG-SD11	7.9	8.9	DIQUE	ESTERIL
ESSG-SD11	8.9	10.8	AP	ESTERIL
ESSG-SD11	10.8	11.8	BV	OXIDOS
ESSG-SD11	11.8	12.8	BV	TRANSICION
ESSG-SD11	12.8	13.8	BV	TRANSICION
ESSG-SD11	13.8	14.8	BV	TRANSICION
ESSG-SD11	14.8	16.27	BV	TRANSICION
ESSG-SD11	16.27	19.3	BT	ESTERIL
ESSG-SD11	19.3	20.1	CI	ESTERIL
DAN-SD1	0	9	CS	ESTERIL
DAN-SD1	9	9.5	BV	ESTERIL
DAN-SD1	9.5	12.27	BT	ESTERIL
DAN-SD1	12.27	13.27	BV	TRANSICION
DAN-SD1	13.27	14.3	BV	TRANSICION
DAN-SD1	14.3	17	AP	ESTERIL
DAN-SD1	17	17.5	CS	ESTERIL
DAN-SD1	17.5	19.8	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD1	19.8	20.8	CS	ESTERIL
DAN-SD1	20.8	21.3	AP	ESTERIL
DAN-SD1	21.3	22.3	BV	TRANSICION
DAN-SD1	22.3	23.3	BV	TRANSICION
DAN-SD1	23.3	24.6	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD1	24.6	25.7	BT	ESTERIL
DAN-SD1	25.7	26.3	AP	ESTERIL
DAN-SD1	26.3	31.1	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD1	31.1	32.6	AP	ESTERIL

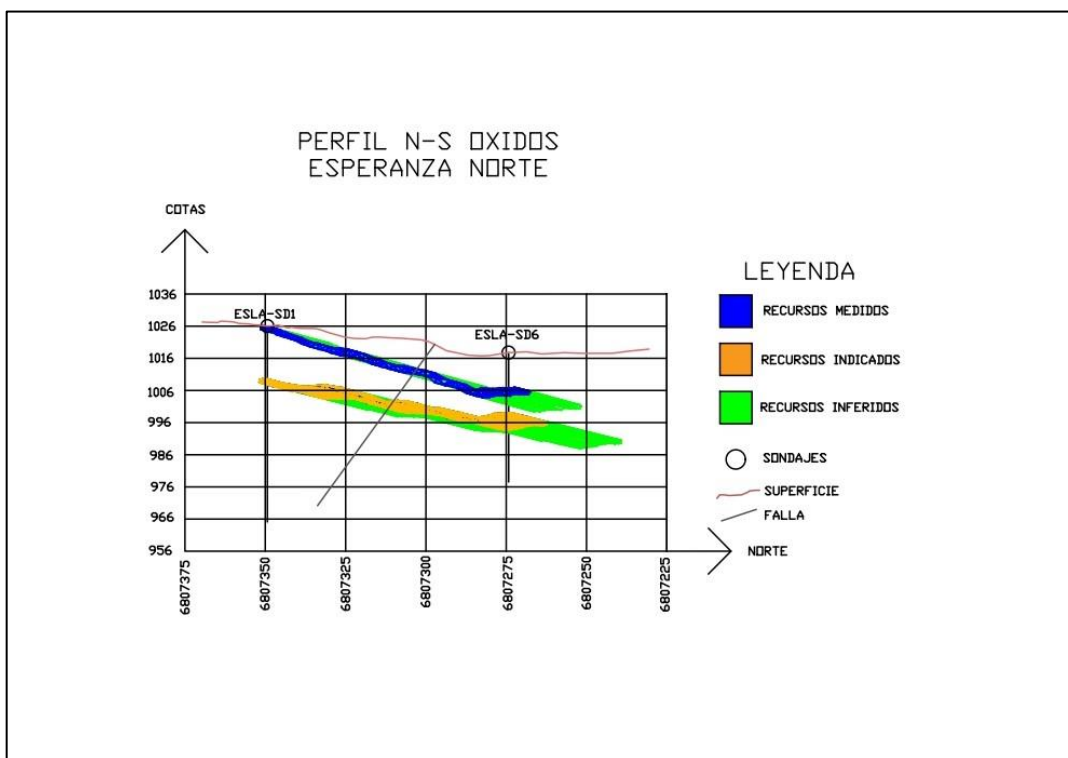
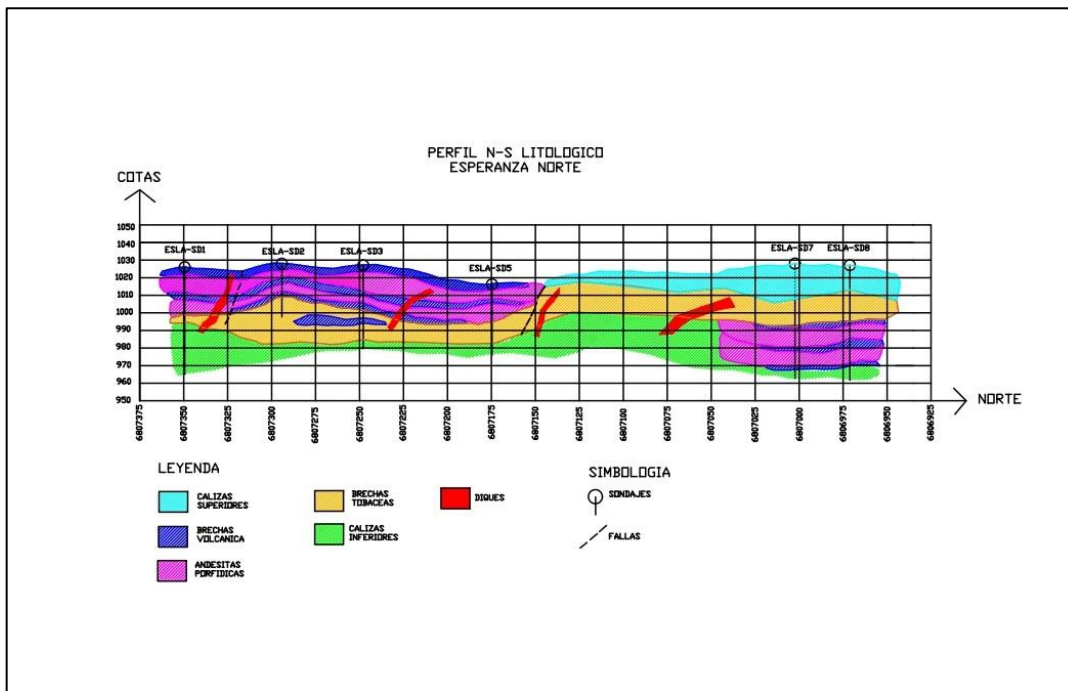
DAN-SD1	32.6	33	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD1	33	35.3	BT	ESTERIL
DAN-SD2	0	5.7	BV	ESTERIL
DAN-SD2	5.7	11.4	CS	ESTERIL
DAN-SD2	11.4	14.3	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD2	14.3	15.3	BV	OXIDOS
DAN-SD2	15.3	16.3	BV	OXIDOS
DAN-SD2	16.3	18.85	AP	ESTERIL
DAN-SD2	18.85	22.8	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD2	22.8	23.3	BV	ESTERIL
DAN-SD2	23.3	24.3	BV	OXIDOS
DAN-SD2	24.3	25.3	BV	OXIDOS
DAN-SD2	25.3	26.3	BT	OXIDOS
DAN-SD2	26.3	28.5	BT	ESTERIL
DAN-SD2	28.5	30	CI	ESTERIL
DAN-SD3	0	6.8	BT	ESTERIL
DAN-SD3	6.8	8.6	BV	ESTERIL
DAN-SD3	8.6	11.4	CS	ESTERIL
DAN-SD3	11.4	14.2	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD3	14.2	15.5	CS	ESTERIL
DAN-SD3	15.5	17	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD3	17	18	BV	OXIDOS
DAN-SD3	18	19	BV	OXIDOS
DAN-SD3	19	20	BV	OXIDOS
DAN-SD3	20	21	BV	OXIDOS
DAN-SD3	21	22	BV	OXIDOS
DAN-SD3	22	23.25	AP	ESTERIL
DAN-SD3	23.25	25.8	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD3	25.8	27.1	BV	ESTERIL
DAN-SD3	27.1	27.95	AP	ESTERIL
DAN-SD3	27.95	28.95	BV	TRANSICION
DAN-SD3	28.95	30.65	BT	ESTERIL
DAN-SD4	0	7.5	CS	ESTERIL
DAN-SD4	7.5	11.3	BT	ESTERIL
DAN-SD4	11.3	12.5	BV	ESTERIL
DAN-SD4	12.5	13.5	BV	OXIDOS
DAN-SD4	13.5	14.5	BV	OXIDOS
DAN-SD4	14.5	15.5	BV	OXIDOS
DAN-SD4	15.5	16.5	BT	OXIDOS
DAN-SD4	16.5	17.5	BT	TRANSICION
DAN-SD4	17.5	18.65	BT	TRANSICION
DAN-SD4	18.65	19.65	BV	TRANSICION
DAN-SD4	19.65	20.65	BV	TRANSICION

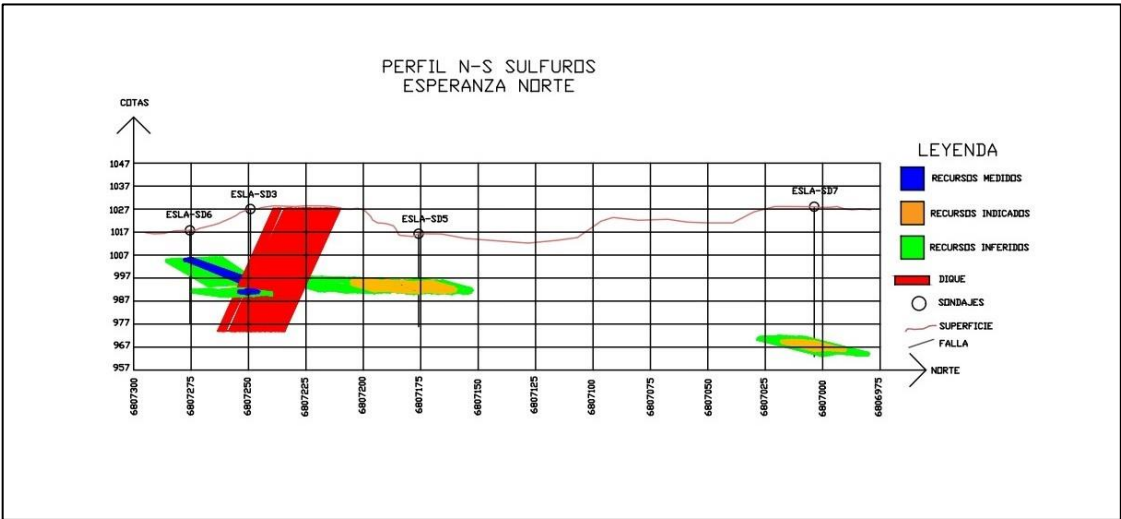
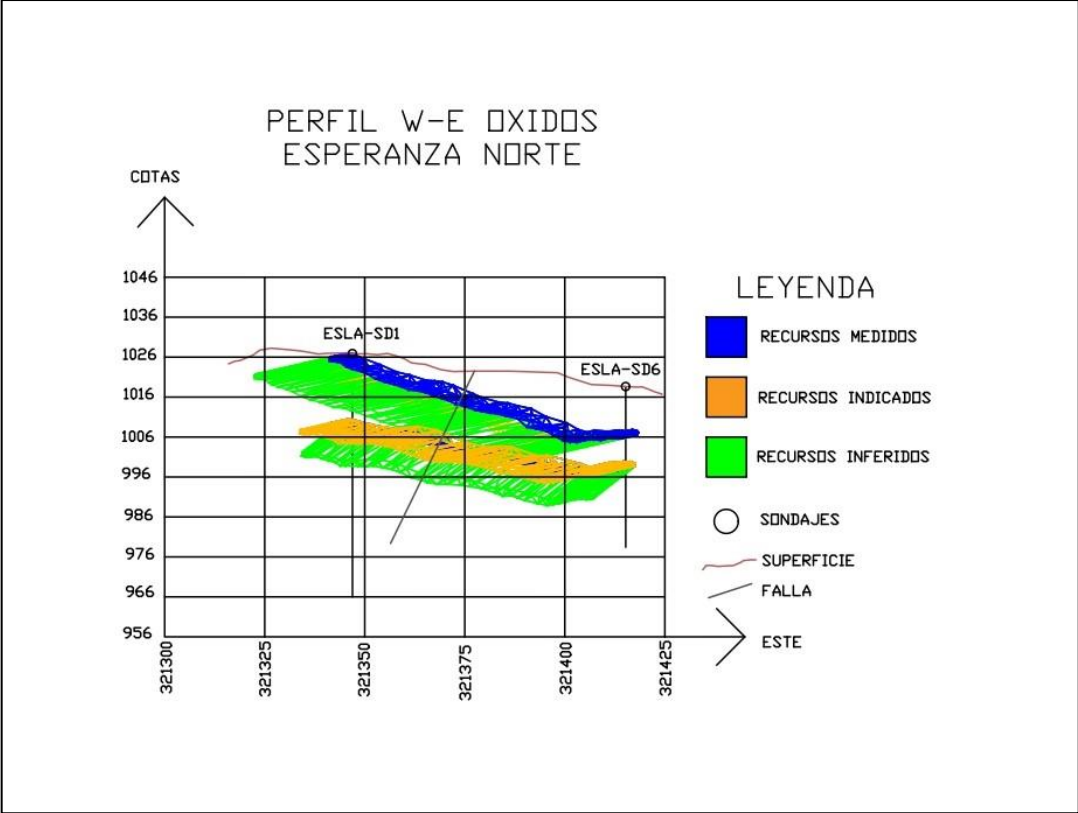
DAN-SD4	20.65	21.65	BV	TRANSICION
DAN-SD4	21.65	23.3	BT	ESTERIL
DAN-SD4	23.3	30.9	AP	ESTERIL
DAN-SD4	30.9	31.8	BT	ESTERIL
DAN-SD5	0	3.7	CS	ESTERIL
DAN-SD5	3.7	5.6	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD5	5.6	7.22	BV	ESTERIL
DAN-SD5	7.22	8.22	BV	OXIDOS
DAN-SD5	8.22	9.55	AP	ESTERIL
DAN-SD5	9.55	10.65	BV	OXIDOS
DAN-SD5	10.65	12.3	BV	ESTERIL
DAN-SD5	12.3	16.3	AP	ESTERIL
DAN-SD5	16.3	20.2	BT	ESTERIL
DAN-SD5	20.2	29	CI	ESTERIL
DAN-SD6	0	8.5	CS	ESTERIL
DAN-SD6	8.5	9.5	BV	TRANSICION
DAN-SD6	9.5	15.8	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD6	15.8	20	BT	ESTERIL
DAN-SD6	20	22.1	AP	ESTERIL
DAN-SD6	22.1	27.95	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD6	27.95	28.95	BV	ESTERIL
DAN-SD6	28.95	29.3	BT	ESTERIL
DAN-SD7	0	4.05	BT	ESTERIL
DAN-SD7	4.05	5.05	BV	OXIDOS
DAN-SD7	5.05	6.05	BV	OXIDOS
DAN-SD7	6.05	7	BV	OXIDOS
DAN-SD7	7	11.4	BT	ESTERIL
DAN-SD7	11.4	20.2	CI	ESTERIL
DAN-SD7	20.2	23.25	BT	ESTERIL
DAN-SD7	23.25	24.25	BV	ESTERIL
DAN-SD7	24.25	26.95	CI	ESTERIL
DAN-SD8	0	3.3	BT	ESTERIL
DAN-SD8	3.3	6.3	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD8	6.3	8.3	BT	ESTERIL
DAN-SD8	8.3	10.3	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD8	10.3	13.6	BT	ESTERIL
DAN-SD8	13.6	23.3	CI	ESTERIL
DAN-SD8	23.3	26.1	BT	ESTERIL
DAN-SD8	26.1	27.5	AP	ESTERIL
DAN-SD8	27.5	28.1	BT	ESTERIL
DAN-SD8	28.1	30	CI	ESTERIL
DAN-SD9	0	1.65	CS	ESTERIL
DAN-SD9	1.65	2.65	BV	OXIDOS

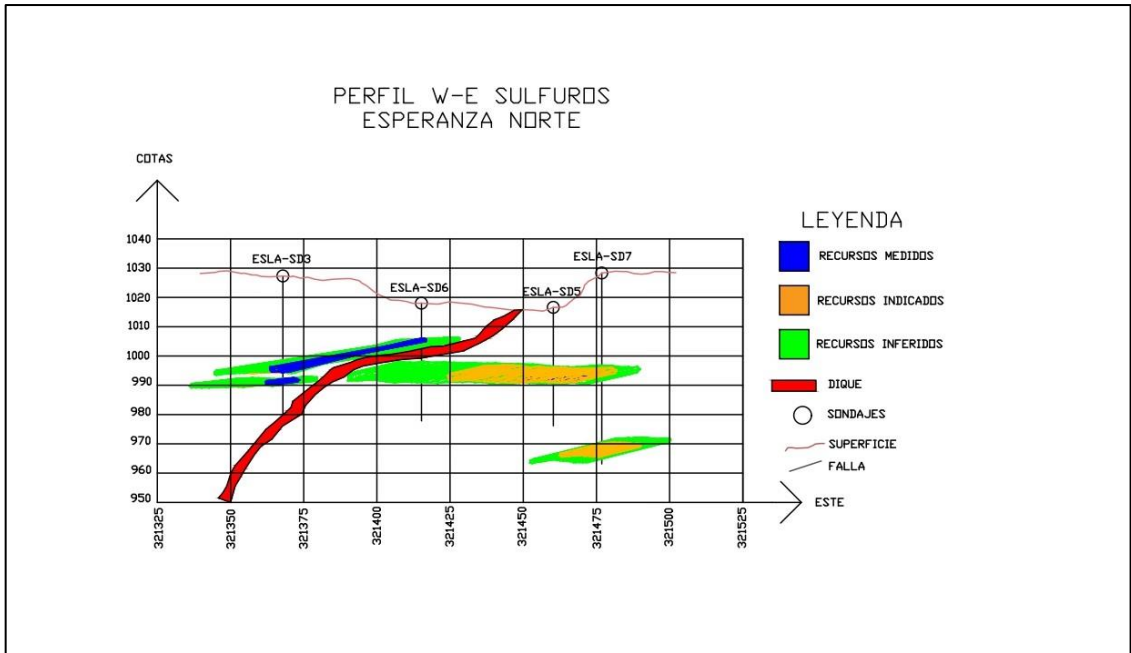
DAN-SD9	2.65	3.9	BV	OXIDOS
DAN-SD9	3.9	6.3	DIQUE	ESTERIL
DAN-SD9	6.3	13.6	CS	ESTERIL
DAN-SD9	13.6	15.9	BT	ESTERIL
DAN-SD9	15.9	24.3	CI	ESTERIL
DAN-SD9	24.3	26.85	BT	ESTERIL
DAN-SD9	26.85	30.1	CI	ESTERIL
DAN-SD10	0	5.55	CS	ESTERIL
DAN-SD10	5.55	6.8	BV	OXIDOS
DAN-SD10	6.8	9.3	BT	ESTERIL
DAN-SD10	9.3	19.2	AP	ESTERIL
DAN-SD10	19.2	20.3	BT	ESTERIL
DAN-SD10	20.3	30.1	AP	ESTERIL
DAN-SD11	0	2.3	CS	ESTERIL
DAN-SD11	2.3	5.3	BT	ESTERIL
DAN-SD11	5.3	14.3	AP	ESTERIL
DAN-SD11	14.3	18.9	BT	ESTERIL
DAN-SD11	18.9	22.3	AP	ESTERIL
DAN-SD11	22.3	30	BT	ESTERIL
DAN-SD12	0	2.3	CS	ESTERIL
DAN-SD12	2.3	3.3	BV	OXIDOS
DAN-SD12	3.3	4.3	BV	OXIDOS
DAN-SD12	4.3	5.3	BV	OXIDOS
DAN-SD12	5.3	7.8	AP	ESTERIL
DAN-SD12	7.8	9.2	BV	ESTERIL
DAN-SD12	9.2	13.8	BT	ESTERIL
DAN-SD12	13.8	22.7	AP	ESTERIL
DAN-SD12	22.7	25.6	BT	ESTERIL
DAN-SD12	25.6	30	AP	ESTERIL

## Anexo 2.- Perfiles

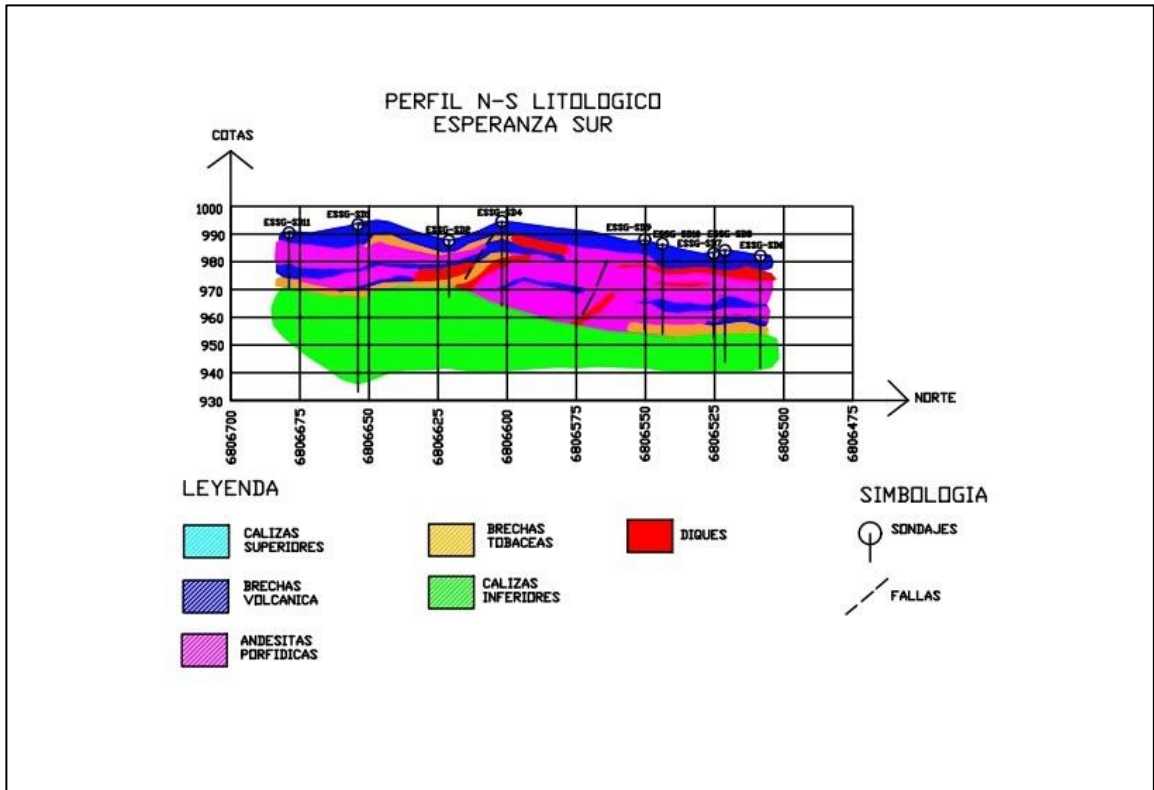
### Perfiles Esperanza Norte

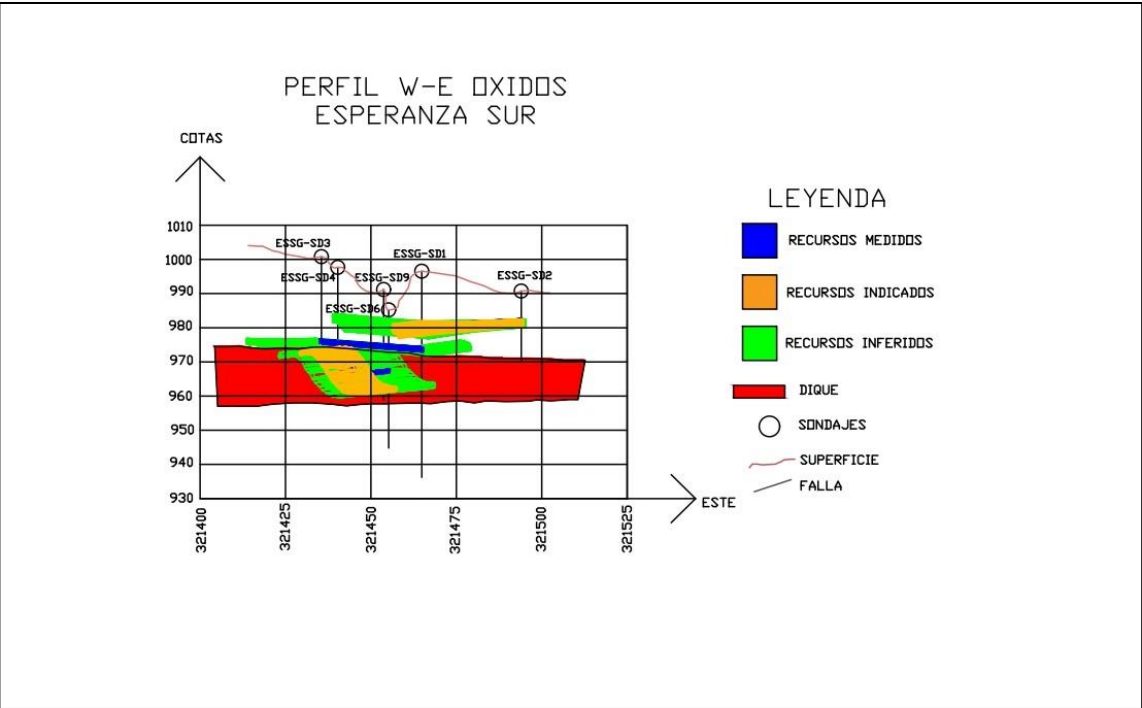
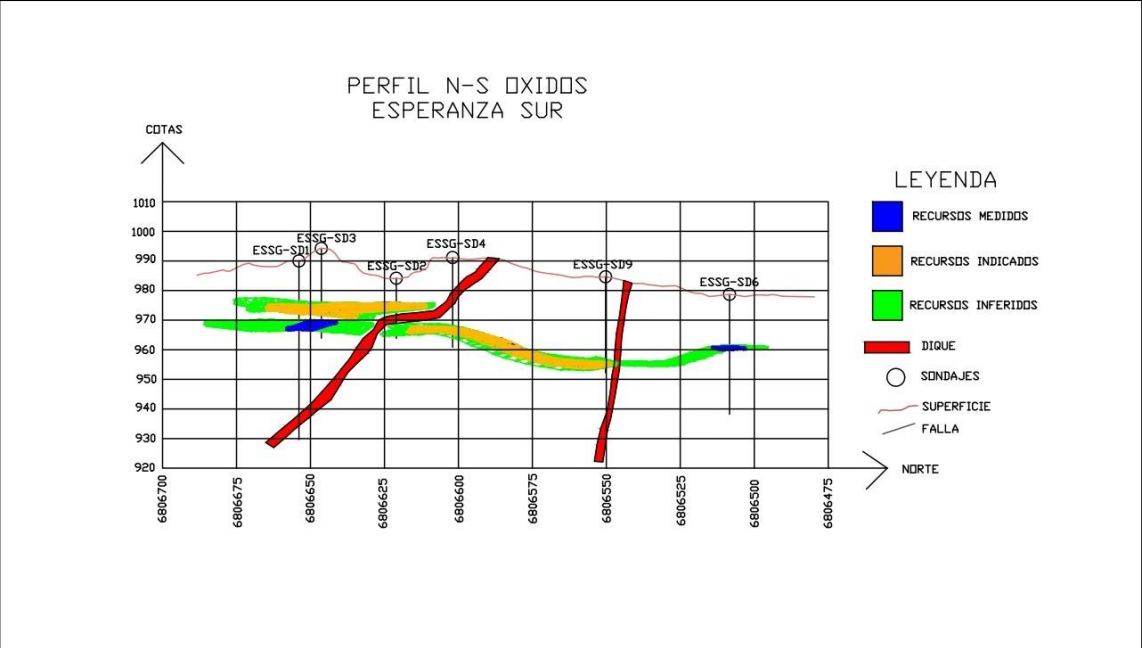




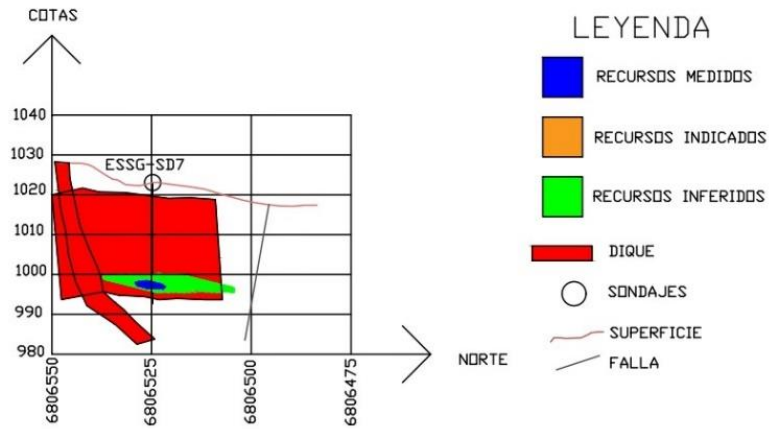


## Perfiles Esperanza Sur

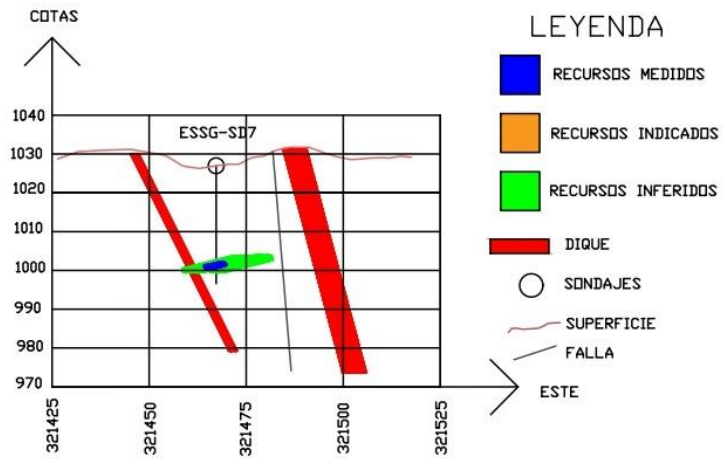




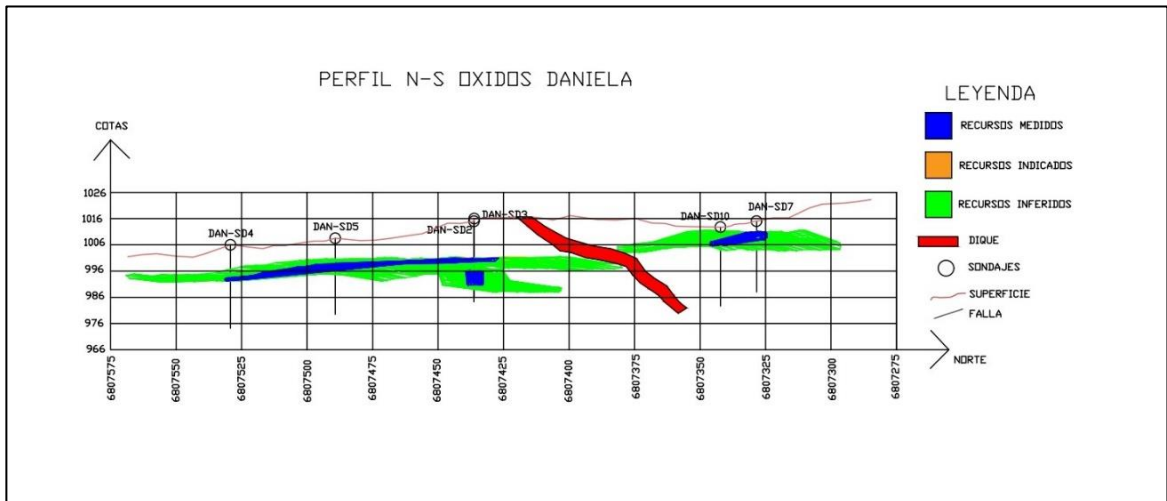
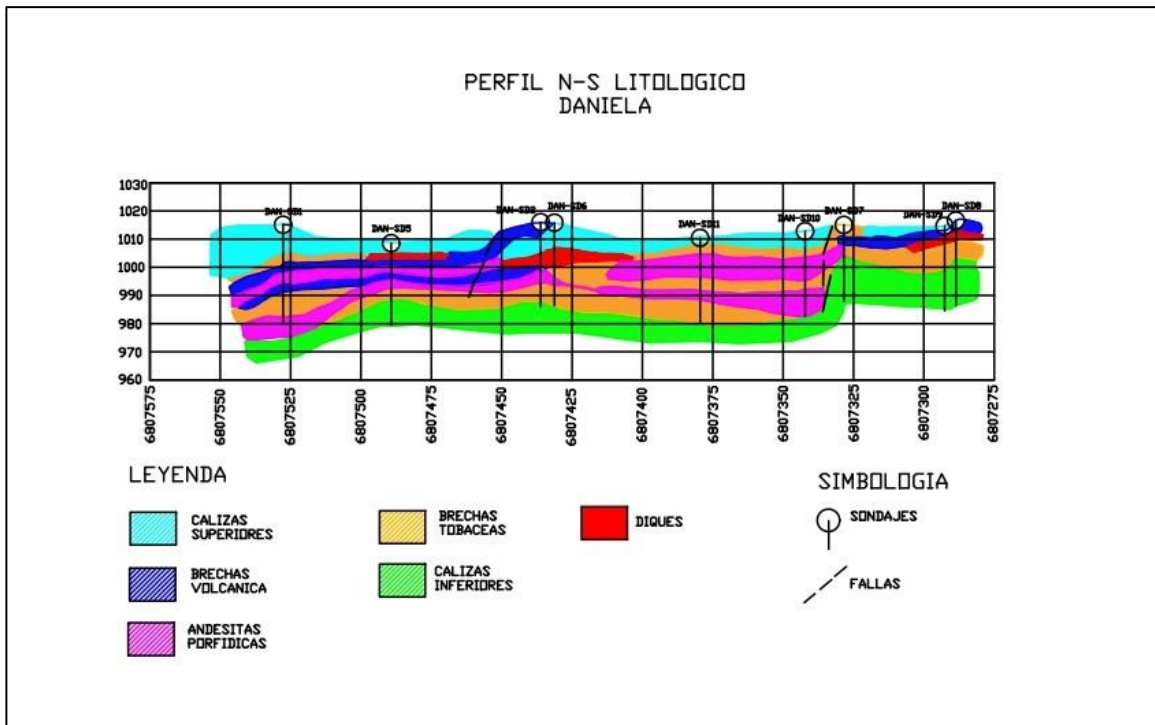
### PERFIL N-S SULFUROS ESPERANZA SUR



### PERFIL W-E SULFUROS ESPERANZA SUR



## Perfiles Daniela



### PERFIL W-E OXIDOS DANIELA

