FACULTAD DE TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA ENERGÍA

DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA PLANTA DE PRODUCTOS BENTÓNICOS DESTINADA AL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS EN REFRIGERACIÓN

Profesor Guía: José Gómez Vega

Jorge Esteban Rojas Navarro

Joaquín Andrés Seriche Bugueño

Copiapó, Chile 2025

FACULTAD DE TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LA ENERGÍA

DISEÑO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA PARA PLANTA DE PRODUCTOS BENTÓNICOS DESTINADA AL ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS EN REFRIGERACIÓN

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero en Ejecución Eléctrica.

Profesor Guía: José Gómez Vega

Jorge Esteban Rojas Navarro

Joaquín Andrés Seriche Bugueño

Copiapó, Chile 2025

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, expresar mi profundo agradecimiento al profesor José Gómez, por su dedicación, paciencia y orientación durante todo el desarrollo de este trabajo. Sus consejos y su compromiso académico fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos. De igual manera agradecer a todos los profesores pertenecientes y participes de la carrera ingeniería en ejecución eléctrica.

A mi familia, por su apoyo incondicional en cada etapa de este proceso. Gracias por su comprensión, por brindarme ánimo en los momentos difíciles y por acompañarme con cariño y confianza.

Agradecer el compromiso, tiempo y dedicación que entrego mi compañero Jorge Rojas al proyecto de titulación, lo cual permitió concretarlo y cumplir con los objetivos proyectados.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de esta tesis.

- Atentamente, Joaquín Seriche.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer al profesor José Gómez, por su constante dedicación, paciencia y orientación a lo largo del desarrollo de este trabajo y por su compromiso académico con nosotros. Así mismo extiendo mi agradecimiento a todos los profesores que formaron parte del transcurso de la carrera, cuyos conocimientos y apoyo contribuyeron significativamente a mi formación profesional.

A Joaquín, agradezco tu responsabilidad, sabiduría y receptividad para lograr nuestro gran objetivo. Juntos realizamos este trabajo, esperando que en el futuro nos volvamos a encontrar.

Muy especialmente agradecer a mi familia, a mis padres, Janet y Jorge por sus apoyos, por guiarme como persona, por poner su confianza en mí y por acompañarme en cada momento de mi vida. A mis hermanas, Jael y Viviana, por darme palabras de aliento y confianza, por su enorme apoyo y que siempre me impulsan a seguir adelante y cumplir mis sueños. A mi hermano Moisés, por su energía y entusiasmo, comienza su vida universitaria más adelante, espero que tome de ejemplo la responsabilidad y la constancia mía. Gracias a todos ustedes por su fuerza, apoyo y cariño contante.

Atentamente, Jorge Rojas.

-

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS ii

AGRADECIMIENTOS iii

TABLA DE CONTENIDO iv

RESUMEN vii

ABSTRACT viii

CAPITULO I 1

MARCO INTRODUCTORIO 1

1.1 Introducción 1

1.2 Objetivo General 2

1.3 Objetivos Específicos 2

1.4 Alcances 2

CAPITULO II 3

MARCO TEÓRICO 3

2.1 Empalme Eléctrico 3

2.2 Tableros Eléctricos 3

2.3 Alimentadores y demanda 4

2.4 Conductores y canalizaciones 6

2.5 Medidas de protección frente a tensiones peligrosas 12

2.6 Puesta a tierra 12

2.7 Instalaciones de equipos de fuerza 12

2.8 Sistemas de emergencias 13

2.9 Instalaciones de uso general 13

CAPÍTULO III 15

ESTUDIO LUMÍNICO 15

3.1 Criterio de evaluación 15

3.2 Normativas 15

3.3 Definiciones 15
3.4 Parámetros Lumínicos 18
3.5 Características de las luminarias 21
3.6 Consideraciones técnicas en la elección de luminarias. 22
3.7 Luminarias seleccionadas planta principal 23
3.8 Simulación en Software DIALux 30
CAPITULO IV 33
PLANIFICACIÓN Y CUBICACIÓN 33
4.1 Estrategia de Ejecución (30 Días) 33
4.2 Cronograma Detallado de Obra 34
4.3 Cubicación de materiales 36
CAPITULO V 41
MEMORIAS DE CALCULO Y MEMORIA EXPLICATIVA 41
5.1 Distribución de Tableros y Protecciones 41
5.1.1. Calculo Línea General TGFyA 42
5.1.2. Calculo Línea TDA N°1 desde TGFyA. 44
5.1.3. Calculo Línea TDA N°2 desde TGFyA 44
5.1.4. Calculo Línea TDF HIELO desde TGFyA 45
5.1.5. Calculo Línea TDF Equipos de Frio desde TGFyA 46
5.1.6. Calculo Línea TDF Caldera desde TGFyA 47
5.1.7. Dimensionamientos alimentadores 47
5.1.8. Cubicación de materiales 48
5.1.9. Tableros 48
5.1.10. Distribución de conductores y ductos del sistema. 48
5.2 Cálculo Media tensión 23 kV 54
5.2.1. Datos base del transformador 55
5.2.2. Corriente nominal del transformador lado BT 55
5.2.3. Equipo compacto de medida (ECM) 25 kV 55
5.2.4. Transformador de corriente ECM 56
5.3 Memoria de cálculo malla de puesta a tierra 56

5.3.1. Definiciones 56
5.3.2. Equipo utilizado para las mediciones 58
5.3.3. Procedimiento y método de medición 58
5.3.4. Resistividad equivalente 61
5.3.5. Mediciones teóricas de la resistencia de las mallas a tierra. 64
5.3.6. Condiciones de seguridad 66
5.3.7. Procedimiento de la medición. 68
5.3.8. Pasos del procedimiento de medición. 69
5.3.9. Medición de las mallas a tierra 69
5.3.10. Resultados 70
5.4 Puesta en servicios 70
5.4.1. Verificaciones visuales 70
5.4.2. Pruebas y Ensayos. 72
5.4.3. Continuidad de los conductores. 72
5.4.4. Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica. 72
5.4.5. Verificación de la desconexión automática de la alimentación 73
5.4.6. Medición de la resistencia de la puesta a tierra 73
5.4.7. Medición de la impedancia del bucle de falla. 74
5.4.8. Verificación del funcionamiento de los protectores diferenciales 76
5.4.9. Ensayo de polaridad 76
5.4.10. Comprobación del orden de fases 76
5.4.11. Caída de tensión (voltaje de perdida). 76
5.4.12. Pruebas de funcionalidad. 76
5.4.13. Verificación Inicial 76
CONCLUSIONES 77
BIBLIOGRAFÍA 78

RESUMEN

El estudio propuso el diseño de una instalación eléctrica segura y eficiente para una planta destinada al almacenamiento de productos bentónicos en cámaras frigoríficas de 1019 m2 con una potencia de 60,62 kW. La metodología empleada incluye el diseño y cálculo de la instalación eléctrica del proyecto, esto mediante la aplicación de normativa eléctrica vigente (D.S N.º 8/2019 y D.S 1/2023), cálculos de alimentadores eléctricos, verificación de caída de tensión y la selectividad de protecciones, se realizan diseño de mallas de puesta a tierra con estudio de resistividad del terreno, simulación y calculo lumínico en software DIALux para asegurar el cumplimiento de niveles de iluminancia y uniformidad en las distintas áreas de acuerdo al pliego técnico RIC N°10.

El documento se estructura en los siguientes capítulos: Capítulo I Marco introductorio, en el cual se observa la introducción del proyecto, el objetivo principal con los objetivos más específicos y el alcance del proyecto; Capitulo II Marco teórico en el cual se desarrolla el Diseño de la instalación eléctrica del proyecto mediante los pliegos técnicos RIC; Capitulo III Estudio lumínico, en este capítulo se observa mediante la simulación del software DIALux, los requisitos lumínicos, selección de luminarias y el cumplimiento de la normativa; Capitulo IV Planificación y cubicación, se explica el cronograma y la cubicación de materiales necesarios para la realización del proyecto; Capítulo V Memorias de cálculo y memoria explicativa, se explica los cálculos justificativos de mallas de puesta a tierra, alimentadores, protecciones, entre otras partes del diseño de la instalación eléctrica y Capitulo VI Conclusiones y recomendaciones operativas.

Se concluyó la correcta aplicación de la normativa eléctrica y criterios técnicos de diseño vigente de acuerdo con el D.S N°8/2019 y D.S N°1/2023, del cual se reduce significativamente el riesgo de fallas eléctricas permitiendo así un trabajo continuo.

INSTALACIÓN ELÉCTRICA – CÁMARAS FRIGORÍFICAS – DIALUX

ABSTRACT

The study proposed the design of a safe and efficient electrical installation for a facility intended for the storage of benthic products in refrigerated chambers totaling 1,019 m² with a power demand of 60.62 kW. The methodology used includes the design and calculation of the project's electrical installation through the application of the current electrical regulations (D.S. No. 8/2019 and D.S. No. 1/2023), calculations of electrical feeders, verification of voltage drop and protection selectivity. Grounding grid designs are performed with a soil resistivity study, and lighting simulation and calculations are carried out in DIALux software to ensure compliance with illuminance and uniformity levels in the different areas in accordance with technical specification RIC No. 10. In addition, CAD drawings, a project schedule, a detailed bill of quantities for materials, and the commissioning of the installation according to technical specification RIC No. 19 are prepared.

The document is structured in the following chapters: Chapter I Introductory Framework, which explains the project introduction, the main objective along with the more specific objectives and the project scope; Chapter II Theoretical Framework, which develops the design of the project's electrical installation following the RIC technical specifications; Chapter III Lighting Study, which explains, through DIALux simulation, the lighting requirements, luminaire selection, and regulatory compliance; Chapter IV Planning and Bill of Quantities, which presents the project schedule and the quantity takeoff of materials required for project execution; Chapter V Calculation Reports and Explanatory Report, which justifies calculations for grounding grids, feeders, protections, and other parts of the electrical installation design; and Chapter VI Conclusions and Operational Recommendations.

It was concluded that the electrical regulations and current technical design criteria set forth in D.S. No. 8/2019 and D.S. No. 1/2023 have been correctly applied, which significantly reduces the risk of electrical failures and thus enables continuous operation.

ELECTRICAL INSTALLATION — REFRIGERATED CHAMBERS — DIALUX

CAPITULO I

MARCO INTRODUCTORIO

1.1 Introducción

El proyecto se desarrolla en una ubicación con características de terreno similares a las de la comuna de Caldera en una zona portuaria, donde la actividad pesquera y de recolección de recursos bentónicos requiere ser almacenada en temperaturas de frio especificas bajo cero. Sin embargo, la falta de infraestructura de almacenamiento con control térmico y una instalación eléctrica adecuada limita la capacidad de procesamiento y comercialización local. En respuesta a esta brecha se promovió la construcción de una bodega con cámaras frigoríficas que funja como centro logístico y punto de distribución para comercios locales. No obstante, el inmueble no cuenta con la instalación eléctrica final necesaria para albergar y suministrar los equipos de refrigeración, alumbrado y todo el circuito de fuerza del proyecto, lo que hace indispensable diseñar la infraestructura eléctrica completa.

Es por ello por lo que se propone el diseño de una instalación de 1019 m^2 para el almacenamiento de productos bentónicos refrigerados con una potencia de 60,62 kW, el que tiene por objetivo diseñar y elaborar el proyecto eléctrico integral para las nuevas bodegas con cámaras frigoríficas de refrigeración (0 a 5°C) y congelado (-20°C). El desarrollo contempla los cálculos necesarios para la correcta selección y ubicación del transformador de distribución con capacidad de 100 kVA, así como el diseño y dimensionamiento de las mallas de puesta a tierra tanto para media tensión como baja tensión. Además, se realiza el cálculo para el dimensionamiento de alimentadores y conductores eléctricos, incluyendo la correspondiente verificación de caída de tensión y criterios de seguridad eléctricas.

Asimismo, se incorpora un estudio lumínico mediante el software DIALux, con el fin de asegurar el cumplimiento de los niveles de iluminancia establecidos en el pliego técnico RIC N°10 y en el D.S N°1/2023, Finalmente, el proyecto incluye la elaboración de planos en formato CAD y la cubicación detallada de los materiales y equipos necesarios para la ejecución. La propuesta garantiza el cumplimiento de la normativa

eléctrica chilena vigente DS N°8/2019, del cual se hace nombramiento a los 19 pliegos técnicos RIC y el D.S N°1/2023 el cual menciona los parámetros aceptables que no generen contaminación lumínica.

1.2 Objetivo General

Diseñar una instalación eléctrica para el almacenamiento de productos bentónicos refrigerados, del cual alimente cámaras de refrigeración y congelado, garita, estacionamientos para camiones y camionetas, baños y salas de vestimenta que cumplan con el decreto supremo N°8/2019 y D.S N°1/2023.

1.3 Objetivos Específicos

- Diseñar la instalación eléctrica de acuerdo con las exigencias de los pliegos técnicos RIC aplicables que permitan establecer la seguridad y operatividad del almacén de acuerdo con el D.S N°8/2019.
- Realizar el estudio de iluminación mediante simulación en software DIALux, verificando niveles de luminancia y uniformidad en las diversas áreas de acuerdo con el RIC°10.
- Detallar la cubicación de materiales y planificar las actividades del proyecto (cronograma y fases).
- Elaborar las memorias de cálculos y la memoria explicativa que permitan la puesta en servicio del proyecto de acuerdo con los pliegos técnicos RIC pertenecientes al Decreto Supremo N°8/2019.

1.4 Alcances

El presente proyecto comprende el diseño técnico y la documentación necesaria para la instalación eléctrica de bodega contemplando cámaras frigoríficas en una ubicación con características industriales similares a la comuna de Caldera en una zona portuaria. El alcance abarca desde la derivación en la línea de media tensión hasta los tableros en baja tensión, incluyendo la memoria técnica, planos CAD, cálculos de línea y simulaciones con el software DIALux.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

El presente capitulo contempla los criterios de diseño eléctrico para la instalación del almacén de productos bentónicos refrigerados en un terreno de 1019 m^2 con una potencia de 60,62 kW, esto acorde a los pliegos técnicos RIC aplicables del D.S N°8/2019, dentro del diseño se alimenta una garita, iluminación exterior para los estacionamientos de camionetas y camiones, unidades condensadoras para cámaras frigoríficas de refrigeración (0°C a 5°C) y congelación (-20°C), circuitos de alumbrado al interior del almacén, Calderas, bombas, compresores y un portón automático.

2.1 Empalme Eléctrico.

El suministro eléctrico del proyecto se realiza desde un transformador de 100 kVA, disponiendo de un sistema de medición indirecta mediante un equipo compacto de medida (ECM), en consecuencia, no aplica la clasificación de empalme normalizado en baja tensión tipo AR o SR, pero se consideran las exigencias generales, por lo que se dimensionaran las protecciones y conductores en función de la potencia del transformador y la corriente nominal en el lado de baja tensión.

2.2 Tableros Eléctricos

- Todos los dispositivos y componentes del tablero serán montados dentro de gabinetes murales o armarios autos portados cumpliendo con el RIC N°02 – Tableros eléctricos.
- Los tableros eléctricos cuentan con puerta exterior totalmente cerrada, con fijación mediante bisagras y dispositivos de cierre mediante llave, cuentan con luces pilotos indicadoras de tablero energizado en sus respectivas fases R-S-T conectado a la entrada del alimentador, y cuenta con una contratapa en el interior, cumpliendo con el punto 6.1 del RIC N°02.
- El “TDF EQUIPOS DE FRIO” cuenta con dispositivos de medición de temperatura de las respectivas cámaras de frio y túnel de congelación, los cuales están instalados en la puerta exterior

- El TGFyA cuenta con dispositivo de medición de voltaje y corriente para cada fase en la tapa exterior debido a que supera los 100 A, de acuerdo con el punto 6.2.13 del RIC N°02.
- El conjunto de elementos al interior del tablero será montado en riel DIN fijado sobre montante, mecánicamente independiente del gabinete, afianzado por pernos. todos los elementos metálicos cuentan con conexión a tierra.
- El cableado utilizado para la interconexión entre los dispositivos del tablero se realizará mediante bandejas porta conductores no metálicas en los tableros ocupando como máximo el 50% de la sección transversal de cada bandeja.
- Se contempla una ampliación del 25% de la capacidad total por cada tipo de servicio que contiene el tablero eléctrico, dejando espacios en barras de distribución y riel DIN de acuerdo al RIC N°2.
- Los tableros eléctricos cuentan con IP 55, debido a que serán instalados en exterior sin techo, cumpliendo con el punto 6.1.21.3 del RIC N°02.
- Los conductores de alimentación llegan directo al dispositivo de protección general del tablero.
- Cada circuito quedara protegido a la sobrecarga y al cortocircuito mediante disyuntores y protectores diferenciales.
- Las barras de distribución al interior del tablero son montadas rígidamente en soportes aislantes, montadas de arriba hacia abajo en el orden de R-S-T.
- El cableado interno correspondiente a consumos externos se hará llegar mediante regletas de conexión de acuerdo con el RIC N°02.
- La protección general de cada tablero es omnidireccional (corte omnipolar 3 fases y el neutro) de acuerdo con el punto 6.6.2 del RIC N°02 – Tableros eléctricos.

2.3 Alimentadores y demanda

- Los conductores que forman parte de un circuito, no les será aplicable este punto. Solo se contempla alimentadores de tableros eléctricos.
- El conductor neutro del alimentador y subalimentador tendrá la misma sección del conductor fase de acuerdo con el punto 6.4.1 del RIC N°03 .
- Factor de demanda para cálculo de alimentadores alumbrado.

De acuerdo con la tabla N°2.1: factores de demanda para cálculo de alimentadores de alumbrado del punto 6.3 del RIC N°03, no se aplicará sobre subalimentadores, ni sobre los conductores de los circuitos finales.

Tabla 2.1 "Factores de demanda para cálculo de alimentadores de alumbrado"

Tipo de consumidor	Potencia sobre la que se aplica el factor de demanda		Factor de demanda
	Tramo	[kW]	
Casa habitación	Primeros	3	1
	Desde	3 a 120	0,35
	Sobre	120	0,25
Hospitales	Primeros	50	0,4
	Sobre	50	0,2
Hoteles y moteles	Primeros	20	0,5
	Desde	20,1 a 100	0,4
	Sobre	100	0,3
Bodegas	Primeros	12,5	1
	Sobre	12,5	0,5
Servicios comunes	Toda la potencia		1
Locales comerciales y oficinas	Primeros	50	1
	Sobre	50	0,8
Todo otro tipo	Toda la potencia		1

Fuente: Tabla N°3.1 del RIC N°03.

- Para alimentadores que sirven consumos de alumbrado exclusivamente, a la potencia instalada, para este tipo de cargas, se le aplicarán los factores de demanda indicados en la tabla Nº3.1 del pliego técnico RIC N°03.
- De acuerdo con el punto anterior la potencia total de alumbrado de la instalación es de 6,66 kW, por lo que se considera factor de demanda de 1 al quedar dentro de los primeros 12,5kW de potencia.
- Factor de demanda para cálculo de alimentadores de fuerza:
- El factor de demanda de los equipos de fuerza y climatización son regidos por el RIC N°07, debido a que los equipos de refrigeración operan de forma cíclica mediante control termostático el dimensionamiento eléctrico de los alimentadores se considera como operación simultánea conforme a los criterios del pliego técnico RIC N°07, por lo que no se aplica reducción por factor de demanda en tableros de fuerza, realizando el dimensionamiento del alimentador bajo la

condición más desfavorable de todos los equipos operando en forma simultánea.

2.4 Conductores y canalizaciones

- Los conductores utilizados son de tipo cable.
- Los cables dimensionados para la instalación harán uso de terminales eléctricos.
- Los cables iguales o inferiores a 6mm^2 utilizados para distribución de alumbrado y fuerza serán unidos mediante baja compresión (conectores cónicos) de acuerdo punto 5.11 del RIC N°04 Conductores y canalizaciones.
- La conexión entre conductores se hará en el interior de cajas de derivación utilizando el 50% de ocupación de las entradas como máximo, dejando un 25% de espacio en el interior para conductores de acuerdo con el RIC N°04.
- Los conductores de las canalizaciones eléctricas se identificarán de acuerdo con el siguiente código de colores de acuerdo con el RIC N°04.

    - Conductor Fase 1 (R) será de color azul.
    - Conductor Fase 2 (S) será de color negro.
    - Conductor Fase 3 (T) será de color rojo.
    - Conductor Neutro (N) será de color blanco.
    - Conductor tierra de protección será de color verde.

- Se considera el uso de cable RZ1-K para la instalación debido a cuenta con propiedades retardante a la llama, no propagador de incendio, con baja emisión de gases tóxicos, lo cual frente a emergencias no deseadas permitirá una mejor evacuación dentro de la instalación al no ser invasivo, su material de aislamiento es XLPE con baja emisión de humos.

Tabla 2.2 "Características y condiciones de uso de conductores aislados"

Características constructivas	Letras de identificación	Condiciones de uso	Máxima temperatura de servicio [°C]	Espesor de aislamiento		Tensión de servicio [V]	Material aislamiento	Material cubierta exterior
				Sección nominal [mm²]	Espesor [mm]			
Conductor eléctrico unipolar o multipolar, sin armadura ni pantalla, retardante a la llama, no propagador de incendio, con baja emisión de gases tóxicos, baja opacidad de humos y bajo índice de acidez de los gases de combustión; construido de cobre recocido, desnudo o recubierto de una capa metálica; flexible clase 5, con aislación de polietileno reticulado (XLPE) y cubierta de material termoplástico tipo ST8, libre de halógenos.	RZ1-K	Apto para ser usado en lugares de reunión de personas. Puede ser instalado en ductos, en bandejas, en escalerillas, en canastillo, al aire libre y subterráneo. En circuitos de distribución en baja tensión, como alimentador o subalimentador flexible para instalación fija.	90	1,5 a 16	0,7	600/1000	XLPE	Termoplástico libre de halógenos, retardante a la llama, de baja emisión de humos.
				21,2 a 35	0,9			
				42,2 a 53,5	1,0			
				67,4 a 95	1,1			
				107 a 127	1,2			
				150	1,4			
				177 a 185	1,6			
				240 a 253	1,7			
				300	1,8			
				380 a 400	2,0			
				500 a 630	2,2			

Fuente: Tabla N°4.2 del RIC N°04.

- Los cálculos de diseño para la elección de conductores se encuentran en el cuadro de cargas y justificados en la memoria de cálculo del capítulo V, de acuerdo con las exigencias presentadas en el RIC N°04 Conductores y canalizaciones.
- Se considera para el cálculo de sección del conductor en el proyecto una temperatura ambiente de 30°C para método de instalación A1.
- Se considera para el cálculo de sección del conductor en el proyecto para líneas enterradas una temperatura ambiente de 20°C para método de instalación D1.
- La Canalización es mediante tuberías tanto para el interior como en el exterior del proyecto. Esto es tomando en consideración el tipo de conductor y/o cable que se utiliza en la instalación eléctrica del proyecto, mediante la siguiente tabla.

Tabla N°2.3 Elección de las canalizaciones

Conductores y cables		Sistemas de canalización								
		Sin fijación	Con fijación directa	Tuberías (Ductos)	Molduras y bandejas portaconductores tipo liviana	Pilares de servicio	Escalerillas portaconductores Bandejas tipo pesado Canastillos portaconductores	Conductores desnudos y conductores aislados sobre aisladores	Cables sobre soportes	Ductos barra
Conductores desnudos		-	-	-	-	-	-	+	-	0
Conductores aislados		-	-	+	+	+	-	+	-	0
Cables aislados con cubierta exterior.	Multipolares	+	+	+	+	+	+	0	+	0
	Unipolares	0	+	+	+	+	+	0	+	0

+: Admitido
-: No admitido
0: No aplicable o no utilizado en la práctica
*: Se admiten conductores aislados si la tapa sólo puede abrirse con una herramienta o una acción manual importante y la canal es IP 4X ó IP XXD

Fuente: Tabla N°4.8 del RIC N°04

Tabla N°2.4 Condición de las canalizaciones

		Sin fijación	Con fijación directa	Tuberías (Ductos)	Molduras y bandejas portaconductores tipo livianas	Pilares de servicio	Escalerillas portacon-ductores Bandejas tipo pesado Canastillos portacon-ductores	Conductores desnudos y conducto-res aislados sobre aisladores	Cables sobre soportes	Ductos barra
Conducto o Shaft.	accesibles	+	+	+	+	0	+	-	0	+
	no accesibles	+	0	+	0	0	0	-	-	0
Canaletas		+	+	+	+	0	+	-	-	0
Canalizaciones subterráneas		+	0	+	-	0	0	-	-	0
Empotrados en estructuras		+	+	+	-	0	0	-	-	0
En montaje superficial		-	+	+	+	+	+	+	-	+
Aéreo		-	-	(*)	-	-	-	+	+	-

+: Admitido
-: No admitido
0: No aplicable o no utilizado en la práctica
(*): No se utilizan en la práctica salvo en instalaciones cortas y destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida

Fuente: Tabla N°4.9 del RIC N°04

Canalizado subterráneo

- Las cámaras son de tipo “B” con dimensiones de 60x60x80 cm
- Es seleccionado el diámetro del ducto de subterráneo bajo los requisitos y condiciones de la tabla N°2.5

Tabla N°2.5 Diámetro ducto sistema subterráneo

Tabla N°4.29: Cables para uso en tuberías de canalizaciones subterráneas							
Sección / N° Conductores (mm^2)	Ø cable	área mm^2	1 Ø nominal ducto mm	2 Ø nominal ducto mm	3 Ø nominal ducto mm	4 Ø nominal ducto mm	5 Ø nominal ducto mm
1,5	5,7	26	25	25	25	32	32
2,5	6,2	30	25	25	32	32	40
4	6,6	35	25	32	40	40	40
6	7,2	41	32	32	50	50	50
10	8,2	53	40	50	63	63	63
16	9,3	67	50	50	63	63	63
25	10,9	94	63	63	75	75	75
35	12	113	63	75	75	90	90
50	13,6	145	75	75	90	90	110
70	15,7	192	90	90	110	110	110
95	17,4	238	110	110	110	140	140
120	19,3	292	140	140	160	160	160
150	21,4	360	160	160	180	180	180
185	23,8	443	180	180	180	180	200
240	26,4	545	225	225	225	225	250
Nota: Para más de 10 conductores por tubo o para conductores o cables de secciones diferentes a instalar en el mismo tubo, su sección interior será como mínimo, igual a 4 veces la sección ocupada por los conductores.							

Fuente: Tabla N°4.29 del RIC N°04

Las características de la tubería para canalizaciones subterráneas cumplen con los requisitos mínimos de la tabla 2.6.

Tabla N°2.6 Características mínimas para tuberías en canalizaciones subterráneas

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	750	750 N
Resistencia al impacto	NA	Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	(1)/(2)	Continuidad eléctrica / aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegida contra el polvo
Resistencia a la penetración de agua	4	Protegida contra salpicaduras de agua.
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2*	Protección interior y exterior media (**)
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1**	No propagador (***)
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
Notas: NA: No aplicable (*) Solo aplica a canalizaciones metálicas. Para canalizaciones no metálicas debe ser un digito 0. En instalaciones en el exterior en ambientes húmedos o mojados con presencia de agentes químicos activos o en zonas costeras en código será 4 con Alta protección interior y exterior. (**) Para ductos que están exclusivamente enterrados en todo su recorrido y que no ingresan a ningún recinto cerrado podrá omitirse este requisito.		

Fuente: Tabla N°4.28 del RIC N°04

Canalizado en tuberías:

- Los sistemas de tuberías son tuberías y accesorios no metálicos rígidos y curvables.
- La cantidad máxima de los diferentes tipos de conductores en los distintos tipos de tuberías fueron seleccionados de acuerdo con la tabla N°2.7.

Tabla N°2.7 Diámetro nominal de ductos

Tabla N°4.19: Cables de uso interior/exterior de fuerza, sección milimétrica							
Sección / N° conductores (mm^2)	Ø cable	área mm^2	1	2	3	4	5
			Ø nominal ducto mm	Ø nominal ducto mm	Ø nominal ducto mm	Ø nominal ducto mm	Ø nominal ducto mm
1,5	5,7	26	16	16	16	20	25
2,5	6,2	30	16	20	20	32	32
4	6,6	35	16	25	25	32	40
6	7,2	41	16	25	32	32	40
10	8,2	53	20	32	32	40	50
16	9,3	67	25	32	40	50	50
25	10,9	94	25	40	50	50	63
35	12	113	32	40	50	63	63
50	13,6	145	32	50	63	63	75
70	15,7	192	40	50	63	75	75
95	17,4	238	40	63	75	100	100
120	19,3	292	50	63	75	100	100
150	21,4	360	50	75	100	100	125
185	23,8	443	63	75	100	125	125
240	26,4	545	63	100	125	125	150
Notas:	Aplica a los cables de los tipos: RV, RV-K, RZ1, RZ1-K, PV1-F y ZZ-F.						
	En instalaciones subterráneas el Ø del ducto debe ser >= 25 mm						

Fuente: Tabla N°4.19 del RIC N°04

Las características mínimas del ducto se establecen de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla N°2.8 Características mínimas tuberías embutidas u ocultas en paredes y techos.

N° Dígitos	Característica	Código	Grado
1	Resistencia a la compresión	3	Media
2	Resistencia al impacto	3	Media
3	Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
4	Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90 °C
5	Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
6	Propiedades eléctricas	(1)* / (2)**	Continuidad eléctrica / aislante
7	Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegida contra el polvo
8	Resistencia a la penetración de agua	4	Protegida contra salpicaduras de agua.
9	Resistencia a la corrosión de tuberías metálicas y compuestas	2***	Protección interior y exterior media
10	Resistencia a la tracción	0	No declarada
11	Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
12	Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada
Nota:	*aplica para canalización metálica (1) ** aplica para canalización no metálica (2) *** Solo aplica a canalizaciones metálicas. Debe ser un digito 0 para canalizaciones no metálicas		

Fuente: Tabla 4.25 del RIC N°04

- La canalización para el interior del proyecto cumple el código mínimo requerido por la siguiente tabla.

Tabla 2.9 Códigos mínimos de clasificación de tuberías por tipo de montaje.

Códigos mínimos para tuberías en montaje embutidas y ocultas.		
Tipos	**Características**	**Código**
Tuberías No Metálicas	Rígida	**332**12540010
	Curvable	**332**22540010
	Curvable / transversalmente elástico	**332**32540010
	Flexible	**332**42540010
Tuberías Metálicas	Rígida	**332**11542010
	Flexible	**332**41542010
Nota: Cada digito representa una característica de la tubería, estas características son la mínima que debe tener una tubería, podrán existir tuberías con mayores atributos a los indicados por lo que los primeros 4 digito en forma individual podrán ser superiores, esto aplica para podas las tablas de este anexo.		

Fuente: Tabla en el anexo 4.12 del RIC N°04

2.5 Medidas de protección frente a tensiones peligrosas

- Para la instalación se consideran protectores diferenciales con sensibilidad de 30 mA, parámetro aceptable de acuerdo con el RIC N°5.

2.6 Puesta a tierra

- Se diseña una malla a tierra para media tensión (Transformador) y otra para baja tensión, el análisis detallado de este punto se encuentra en el CAPITULO V memoria de cálculo, el diseño de las mallas a tierra se basa en el RIC N°06.

2.7 Instalaciones de equipos de fuerza

- Para el caso de los motores, los siguientes puntos cumplen con el pliego técnico RIC 07, como es el caso de los motores trifásicos, los cuales estos sean igual o superior a 3 Amperes deben estar protegidos por un protector termomagnético y un guardamotor respectivamente.

- En el caso de los motores y cargas trifásicas mayores de 5 o más HP deben estar protegidos mediante protecciones de asimetría de acuerdo con el RIC N°07.
- Los conductores que alimentan motores intermitentes con periodos de funcionamiento de 5 minutos son afectados por un factor determinado de acuerdo con la siguiente tabla del RIC N°07.

Tabla N°2.9 Factores de dimensionamiento de alimentación a motores de régimen no permanente.

Tipo de régimen	Período de funcionamiento (*)			
	5 minutos	**15** minutos	**30 – 60** minutos	**Más de 60** minutos
Breve duración (operación de válvulas o descenso de rodillos y otros similares)	1,1	1,2	1,5	
Intermitentes (bombas, ascensores, montacargas, puentes levadizos, máquinas herramientas, tornamesas, etc.)	0,85	0,85	0,9	1,4
Periódicos (rodillos, laminadores, etc.)	0,85	0,9	0,95	1,4
Variables	1,1	1,2	1,5	2

Fuente: Tabla 7.1 del RIC N°07

2.8 Sistemas de emergencias

- Para el sistema de alumbrado de emergencia se utilizan unidades auto energizadas. Con batería recargable, libre de mantenimiento, con una o más lámparas montadas en la unidad, las luces de emergencia son conectadas a la red 220v y se accionan al ser des energizadas de la red.
- El conductor utilizado en los circuitos que cuentan con dispositivos de emergencia como luces son del tipo RZ1-k, lo cual queda dentro de las exigencias de la tabla n°2.10.

Tabla 2.10 Tipo de conductor para servicios de seguridad

Servicio de seguridad		Tipo de Cable
Extracción y ventilación de servicios de seguridad. *(Por ejemplo, sistemas de ventilación en túneles o autopistas subterráneas)*		RZ1-K (AS+)
Sistemas de detección y extinción de incendios	Bomba de agua contra incendios	RZ1-K (AS+)
	Pulsadores y detectores de incendio	RZ1-K (AS+)
	sistemas de evacuación, sirenas y pilotos de señalización	RZ1-K (AS+)
	Sistemas de extracción de humos	
Ascensores y puertas automáticas de servicio de rescate de incendios , etc.		RZ1-K (AS+)
Red Inerte.		RZ1-K (AS+)
Iluminación de seguridad alimentado por fuente de alimentación centralizadas.		RZ1-K (AS+)
Alumbrado de emergencia con unidades autoenergizadas.		RZ1-K
Otras cargas alimentadas por el sistema de emergencia		RZ1-K

Fuente: Tabla 8.1 del RIC N°08

2.9 Instalaciones de uso general

- En las salas o zonas cerradas, tales como salas eléctricas, subestaciones, salas de máquinas y similares, cuentan con una señal luminosa permanente en los interruptores de comando de centros de encendido, de modo de permitir ubicarlos en la oscuridad de acuerdo con el RIC N°10.
- En la selección de curvas para los circuitos de la instalación de acuerdo con el RIC N°10, se seleccionan las curvas rápidas tipo B para circuitos de iluminación, curvas

tipo C para circuitos de enchufes, curvas lentas tipo D o K en las protecciones generales. Detallado en el capítulo V.

- Para un recinto industrial se debe cumplir ciertos parámetros lumínicos, detallados en el capítulo III.

CAPÍTULO III

ESTUDIO LUMÍNICO

En el presente capítulo se detallará el cálculo, elección y uniformidad de las luminarias mediante simulación y proyección en software DIALux.

3.1 Criterio de evaluación

Las normativas nacionales como internacionales establecen parámetros mínimos o máximos que deben cumplirse en ciertas zonas de trabajo. Estos parámetros son, por ejemplo: Ēm, Uniformidad, UGR, CCT, CRI entre otros parámetros requeridos.

3.2 Normativas

Las normativas de la unión europea “EN 12464-1:2021” y “EN 12464-2:2016” son las que se utilizan en el programa “DIALux Evo versión 13.1” al momento del cálculo de los parámetros requeridos en cada zona, la primera regula la iluminación interior mientras la segunda regula la iluminación exterior. La primera normativa es equivalente al “ANEXO 10.1 Iluminación en lugares de trabajo para interiores, tareas y actividades.” que se encuentra en la normativa chilena en el pliego técnico “RIC N°10 Instalaciones de uso general” el cual regula las instalaciones eléctricas de uso general en Chile, especificando los requisitos de diseño, instalación y seguridad para circuitos de alumbrado y enchufes. Y en la segunda normativa es seleccionado para mayor exigencia. Por lo tanto, estas normativas internacionales es la que establece los parámetros que se debe cumplir.

3.3 Definiciones

Los requisitos de iluminación son determinados por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas:

- Confort visual, en el que los trabajadores tienen una sensación de bienestar; de un modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de productividad.

- Prestaciones visuales, en el que los trabajadores son capaces de realizar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos.
- Seguridad.
- Iluminancia: La iluminancia es la cantidad de luz que incide sobre una superficie, medida en lux (lx). Se calcula como el flujo luminoso (en lúmenes) que cae por unidad de área (en metros cuadrados) y su valor disminuye con el cuadrado de la distancia a la fuente de luz. Se utiliza para evaluar si un área está suficientemente iluminada y se mide con un luxómetro.
- Uniformidad es una medida de la uniformidad de la distribución de la luz sobre una superficie. Indica qué tan similar es el brillo en todos los puntos de un área, minimizando las diferencias entre las zonas más brillantes y las más oscuras. Una uniformidad alta significa que la luz está distribuida de manera homogénea, sin sombras o puntos de brillo excesivos. La uniformidad del área de tarea y las áreas circundantes inmediatas no deben ser menores que los valores dados por la normativa.
- Deslumbramiento: es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede ser experimentado bien como deslumbramiento molesto o perturbador. Es importante limitar el deslumbramiento para evitar errores, fatiga y accidentes. En lugares de trabajo en interiores, el deslumbramiento molesto puede producirse directamente a partir de luminarias brillantes o ventanas. Si se satisfacen los límites del deslumbramiento molesto, el deslumbramiento perturbador no es usualmente un problema importante.
- Índice del deslumbramiento molesto procedente directamente de las luminarias de una instalación de iluminación interior debe ser determinado utilizando el método de tabulación del Índice de Deslumbramiento Unificado de la CIE (UGR, Unified Glare Rating), basado en la fórmula:

$$\mathrm{UGR} = 8 \times \log_{10}\left(\frac{0{,}25}{L_b}\sum\frac{L^2\times\omega}{p^2}\right) \qquad \textbf{Ecuación 3.1}$$

El software calcula este valor realizando un objeto de cálculo a la altura de un adulto promedio, el cual es 1.65 metros. El valor de UGR de la instalación de iluminación no debe exceder del valor dado en la normativa.

- El índice de deslumbramiento (GR) es una medida que cuantifica la incomodidad visual producida por la luz en instalaciones exteriores, como campos deportivos o aparcamientos. Se calcula mediante una fórmula simplificada que compara el brillo de las lámparas con el brillo del entorno, y cuyo valor debe ser menor o igual a los límites establecidos por la normativa. Como igual ocurre con el UGR, el software lo calcula.

$$\mathrm{GR} = 24 + 27 \times \log\left(\frac{L_{VL}}{L_{VE}^{0.9}}\right) \qquad \textbf{Ecuación 3.2}$$

- Aspectos de color: Las cualidades de color de una lámpara próxima al blanco están caracterizadas por dos atributos, la apariencia de color de la propia lámpara y sus capacidades para el rendimiento de colores, que afectan a la apariencia de color de objetos y personas iluminadas por la lámpara.

- La "apariencia de color" de una lámpara se refiere al color aparente (cromaticidad) de la luz emitida. Es cuantificada por su temperatura de color correlacionada (TCP). La apariencia de color puede también ser descrita de acuerdo a la tabla 3.1.

Tabla N°3.1 Grupos de apariencia de color de lámparas

Apariencia de color	Temperatura de color correlacionada TCP K
Cálida	Inferior a 3300 k
Intermedia	3300 k a 5300 k
Fría	Superior a 5300 k

3.4 Parámetros Lumínicos

De acuerdo con el pliego técnico RIC N°10 se especifica las secciones del proyecto. Además, se observa los parámetros mínimos y máximos de cada área.

Tabla N°3.2 Sectores del edificio principal

NORMATIVA EN 12464-1	
SECTOR	ÁREA Y APLICACIÓN
Recepción de Materia Prima, Zonas de Empaque, Zona de Acopio N°1, Retiro de Productos	13 logística y Almacén – 13.1 Zona de carga/descarga
Sala Botas, Filtro Sanitario, Bodega Aditivos, Vestuario Varones, Vestuario Damas, SS.HH. Varones, SS.HH. Damas, Duchas Varones, Duchas Damas	10 Salas de descanso, sanitarias y de primero auxilios – 10.4 Guardarropías, lavabos, baños y retretes
Cámara Refrigeración N°1, Cámara Refrigeración N°2, Cámara de Congelados Nº1, Túnel de Congelación, Silo Hielo	12 Zonas generales dentro de edificios: espacios de almacenamiento y refrigeración – 12.1 Salas de aprovisionamientos y almacenaje
Procesamiento de Materia Prima	20 Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas – 20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo
Zona de Acopio Lavado	20 Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas – 20.2 Clasificación y lavado de productos, harinas, mezclas, envasado

En la tabla 3.3 se observa los parámetros mínimos y máximos según área y aplicación correspondiente.

Tabla N°3.3 Parámetros requeridos para planta principal

NORMATIVA EN 12464-1				
Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux	UGRL	U0	Ra
13 Logística y Almacén – 13.1 Zona de carga/descarga	200 lx	25	0.4	80
10 Salas de descanso, sanitarias y de primero auxilios – 10.4 Guardarropías, lavabos, baños y retretes	200 lx	25	0.4	80
12 Zonas generales dentro de edificios: espacios de almacenamiento y refrigeración – 12.1 Salas de aprovisionamientos y almacenaje	100 lx	25	0.4	80
20 Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas – 20.1 Puestos y zonas de trabajo en fábricas de cerveza, de chocolate, de azúcar, bodegas, para el secado y fermentado de tabaco crudo	200 lx	25	0.4	80
20 Industria de productos alimenticios, tabaco y bebidas – 20.2 Clasificación y lavado de productos, harinas, mezclas, envasado	300 lx	25	0.6	80

En la tabla 3.4 se especifican todas las secciones de los siguientes edificios: garita de seguridad, zona de Caldera y zona de equipos fríos

Tabla N°3.4 Sectores de los edificios

NORMATIVA EN 12464-1	
SECTOR	ÁREA Y APLICACIÓN
Garita (Sala de Seguridad, Mostrador)	9 Zonas de tránsito dentro de edificios – 9.7 Pases: atentidos
Caldera	28 Centrales energéticas – 28.2 Salas de Calderas
Equipos fríos	28 Centrales energéticas – 28.3 Salas de máquinas

En la tabla 3.5 se observa los parámetros mínimos y máximos de acuerdo al área y aplicación correspondiente.

Tabla N°3.5 Parámetros requeridos para edificios

NORMATIVA EN 12464-1				
Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux	UGRL	U0	Ra
9 Zonas de tránsito dentro de edificios – 9.7 Pases: atentidos	150 lx	25	0.4	60
28 Centrales energéticas – 28.2 Salas de Calderas	100 lx	28	0.4	40
28 Centrales energéticas – 28.3 Salas de máquinas	200 lx	25	0.4	80

En la tabla 3.6 se observa todas las secciones de las áreas de aparcamiento y peatonal.

Tabla N°3.6 Sectores de las áreas peatonales y aparcamientos

NORMATIVA EN 12464-2	
SECTOR	ÁREAS Y APLICACIÓN
Área Aparcamiento	5.9 Aparcamientos – 5.9.2 Volumen medio de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de grandes almacenes, edificios de oficinas, fábricas, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales
Área Peatonal	5.1 Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre – 5.1.1 Vías peatonales, exclusivamente para peatones

En la tabla 3.7 se observa los parámetros mínimos y máximos según el área y aplicación correspondiente.

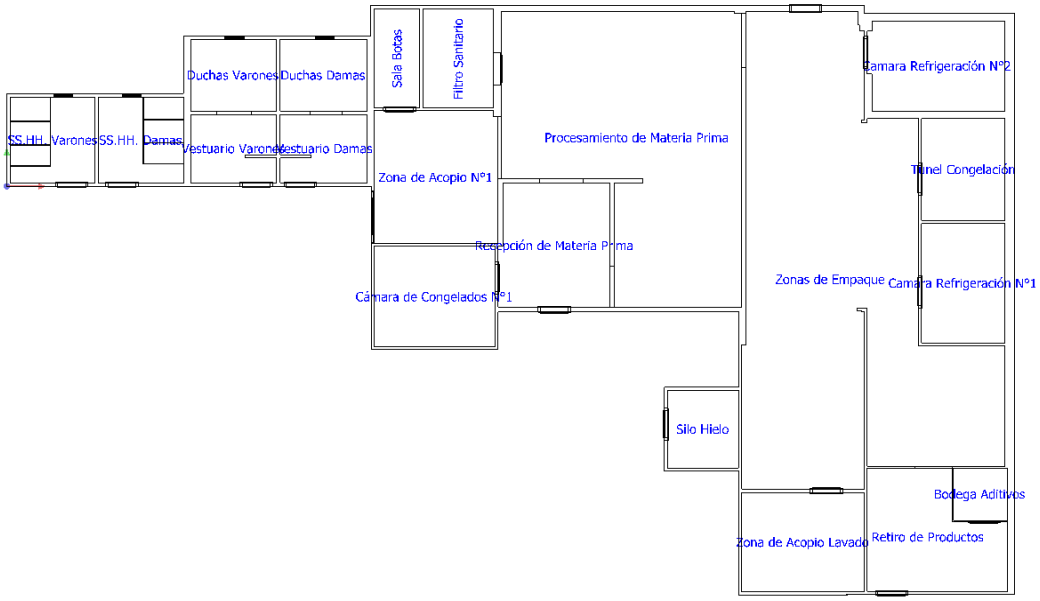
Tabla 3.7 Parámetros requeridos para áreas

NORMATIVA EN 12464-2				
Tipo de interior, tarea y actividad	Em Lux	GRL	U0	Ra
5.9 Aparcamientos – 5.9.2 Volumen medio de tránsito, p. ej. aparcamientos delante de grandes almacenes, edificios de oficinas, fábricas, instalaciones deportivas y pabellones multifuncionales	10 lx	50	0.25	20
5.1 Áreas de tránsito generales en lugares de trabajo / puestos de trabajo al aire libre – 5.1.1 Vías peatonales, exclusivamente para peatones	5 lx	50	0.25	20

3.5 Características de las luminarias

La simulación se dividió diversas zonas del cual en la primera zona se proyecta la planta donde se ubican las bodegas donde se almacenarán los productos bentónicos, teniendo dimensiones de 2,8 metros de altura, con un espesor de 20 centímetros los muros. La edificación principal está compuesta por veinte salas o zonas, la cuales cumplen funciones dentro del proceso productivo del proyecto, por ello debe cumplir con valores mínimos exigidos en el pliego técnico RIC N°10 para zonas de trabajo. Ver figura 3.1 del edificio con vista aérea de la planta:

Figura 3.1 Vista de planta del edificio principal.



3.6 Consideraciones técnicas en la elección de luminarias.

- Todas las luminarias utilizadas de este proyecto poseen una temperatura de 4000 k, el cual es una temperatura de color neutral.
- CRI significa “Índice de Reproducción Cromática”, dependiendo de su valor indica que una fuente de luz reproduce los colores de forma buena o mala en comparación con la luz natural. En el caso del proyecto, casi todas las luminarias poseen CRI 80, a excepción de un tipo exterior la cual es 1205 polar de la marca DISANO con un CRI 70.
- El tipo de alimentación para las luminarias es para todas 220V AC, 50 Hz.
- “L90 80000h”, es el “mantenimiento de lumen”, significa la medida de la capacidad de una fuente de luz para mantener su brillo con el tiempo. Se expresa como un porcentaje y se utiliza para evaluar cómo la intensidad lumínica de una bombilla o luminaria LED disminuye a medida que “envejece”. En el ejemplo L90 indica que el 90% del flujo luminoso inicial se mantiene después de las 80,000 horas de servicio, lo cual garantiza una buena vida útil del producto.

- Los lúmenes (lm) son una unidad de medida del Sistema Internacional (SI) que cuantifican la cantidad total de luz visible emitida por una fuente lumínica, como son las luminarias LED. En resumen, un mayor número de lúmenes significa una luz más brillante, y esta medida es clave para elegir la iluminación adecuada para diferentes espacios.

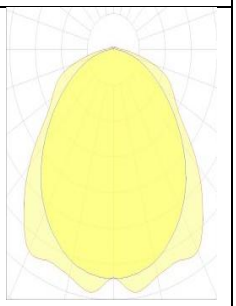
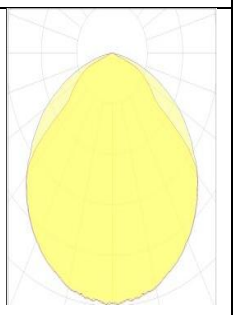
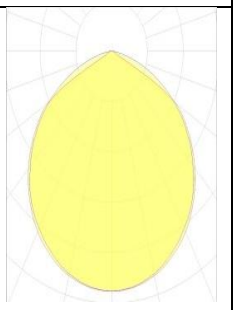
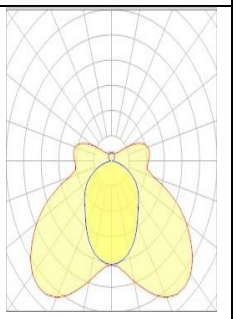
- IP Y IK, “IP” significa "protección de entrada" y mide la resistencia de un equipo a la entrada de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua), mientras que “IK” significa "protección contra impactos" y evalúa la resistencia del dispositivo a golpes mecánicos y vandalismo. La clasificación IP usa dos dígitos para indicar protección contra sólidos y líquidos respectivamente, mientras que la clasificación IK usa un solo número entre 0 y 10 para indicar el nivel de resistencia a impactos. Para IP se basa en la norma IEC 60529 y IK en la norma IEC 62262.

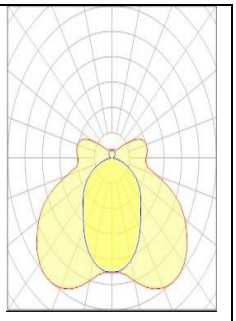
- El factor de mantenimiento (MF) es un multiplicador que representa la reducción de la emisión de luz de un sistema de iluminación a lo largo del tiempo. Considera factores como el envejecimiento de las lámparas, la acumulación de polvo y suciedad en las luminarias, y la degradación de otros componentes. En el proyecto este indicador fue calculado por el software, el cual definió el MF a 0.80 con el método DIN 5035, tomado en consideración que se debe realizar un intervalo de inspección cada 1 año y un intervalo de mantenimiento de luminarias cada 2 años.

3.7 Luminarias seleccionadas planta principal

Tomando en consideración las consideraciones anteriores, la tabla 3.8 contiene datos como: nombre, marca, especificaciones de las luminarias que se proyectaron para la planta principal.

Tabla N°3.8 Luminarias de la planta principal

LUMINARIAS			
NOMBRE Y MARCA	FIGURA	ESPECIFICACIONES	FOTOMETRÍA
927 Echo - bilámpara LED - Energy Saving (DISANO)		• L90 80000h • 24W • 140 Im/W • 3355 Im • IP66 y IK10 • 40°C/5°C	
983 Forma LED - sin ganchos, para la industria alimentaria (DISANO)		• L90 80000h • 71W • 129 Im/W • 9143 Im • IP66 y IK10 • 40°C/-25°C	
983 Forma LED - sin ganchos, para la industria alimentaria (DISANO)		• L90 80000h • 32W • 161 Im/W • 5158 Im • IP66 y IK10 • 40°C/-25°C	
AMP L LT 4600-840 PC WB IVG (ZUMTOBEL)		• L95 100000h • 27,3W • 166 Im/W • 4520 Im • IP66 y IK08 • 54°C/-40°C	

AMP S BAS 2900-840 PC WB EVG (ZUMTOBEL)		• L95 100000h • 19,6W • 151 Im/W • 2950 Im • IP66 y IK08 • 45°C/-25°C	

A continuación, en la tabla 3.9 detalla específicamente el tipo, unidad y sector en el cual se instaló cada luminaria.

Tabla N°3.9 Ubicación de luminarias planta principal

LUMINARIAS	
NOMBRE	SECTORES Y UNIDAD
927 Echo - bilámpara LED - Energy Saving	• Recepción de Materia Prima (1 unidad) • Sala Botas (1 unidad) • Filtro Sanitario (1 unidad) • Vestuario Varones (2 unidades) • Vestuario Damas (2 unidades) • SS.HH. Varones (4 unidades) • SS.HH. Damas (4 unidades) • Retiro de Productos (1 unidad) • Zonas de Empaque (7 unidades)
983 Forma LED - sin ganchos, para la industria alimentaria -71W-	• Zona de Acopio N°1 (1unidad)
983 Forma LED - sin ganchos, para la industria alimentaria -32W-	• Procesamiento de Materia Prima (3 unidades)
AMP L LT 4600-840 PC WB IVG	• Túnel de Congelación (1 unidad)
	• Zona de Acopio Lavado (2 unidades)

AMP S BAS 2900-840 PC WB EVG	• Bodega Aditivos (1 unidad) • Silo Hielo (1 unidad) • Cámara Refrigeración N°1 (1 unidad) • Cámara Refrigeración N°2 (1 unidad) • Cámara de Congelados Nº1 (1 unidad) • Duchas Varones (1 unidad) • Duchas Damas (1 unidad)

Los siguientes edificios: garita de seguridad, zona de Caldera y zona de equipos fríos. Ver figura 3.2, 3.3 y 3.4

Figura 3.2 Vista de planta sala de seguridad.

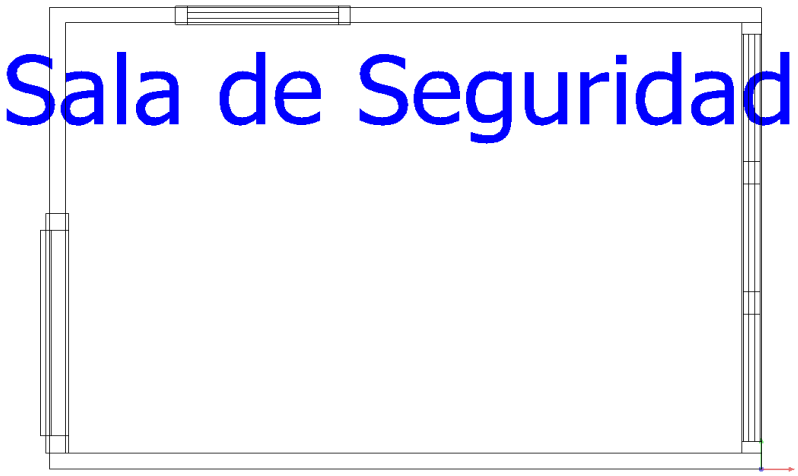
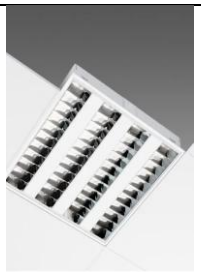
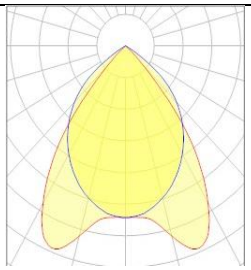
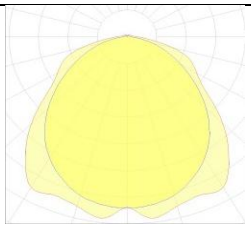


Figura 3.3 Vista de planta Caldera.

Figura 3.4 Vista planta equipos fríos.

A continuación, se observa en la tabla 3.10 los datos de nombre, marca, especificaciones y otros datos de las luminarias que se instaló en los edificios.

Tabla N°3.10 Luminarias zonas de Caldera, equipos fríos y garita

LUMINARIAS			
NOMBRE	FIGURA	ESPECIFICACIONES	FOTOMÉTRICA
841 Minicomfort LED x4 – (DISANO)		• L80 80000h • 37W • 111 Im/W • 4093 Im • IP20 y IK07	
927 Echo - bilámpara LED - Energy Saving (DISANO)		• L90 80000h • 24W • 140 Im/W • 3355 Im • IP66 y IK10 • 40°C/5°C	

En la tabla N°3.11 se detalla específicamente el tipo, unidad y sector en el cual se instaló cada luminaria.

Tabla N°3.11 Luminarias en sectores de garita

LUMINARIAS	
NOMBRE	SECTORES Y UNIDAD
841 Minicomfort LED x4	• Sala de Seguridad (1 unidad)
927 Echo - bilámpara LED - Energy Saving	• Caldera (2 unidades) • Equipos fríos (2 unidades)

Los aparcamientos y áreas peatonales se observan en las siguientes figuras con vista de planta para mayor visualización.

Figura 3.5 Vista de planta área aparcamiento.

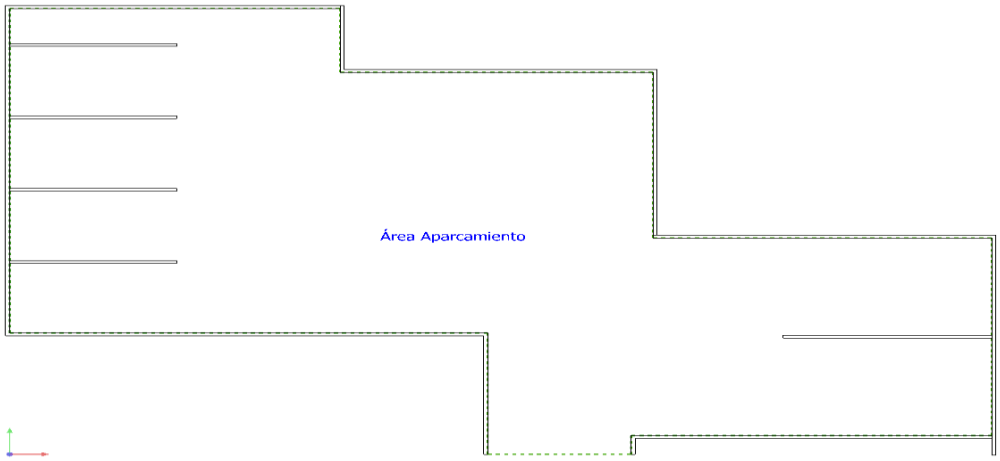
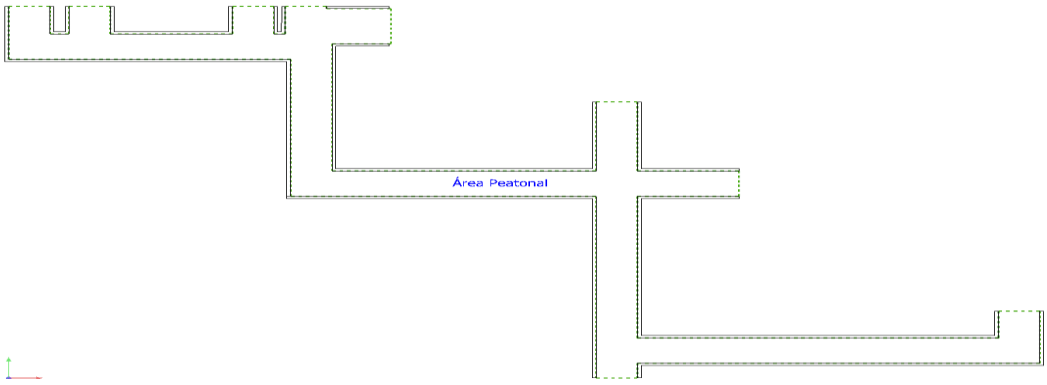
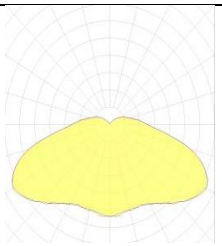
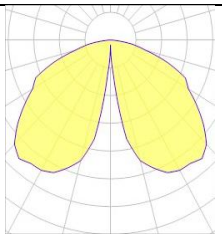


Figura 3.6 “Vista de planta Área peatonal”



La tabla 3.12 contiene los datos de las luminarias como: nombre, marca, especificaciones e imágenes de las luminarias que se instaló en estas zonas.

Tabla N°3.12 Luminarias de las áreas peatonales y aparcamientos

LUMINARIAS			
NOMBRE	FIGURA	ESPECIFICACIONES	FOTOMETRÍA
1205 Polar (DISANO)		• L90 100000h • 73W • 126 Im/W • 9188 Im • IP65 y IK08	
1879 Portofino – medium (DISANO)		• L70 50000h • 10W • 80 Im/W • 801 Im • IP65 y IK08	

En la tabla 3.13 se observa específicamente el tipo, unidad y sector en el cual se instaló cada luminaria.

Tabla N°3.13 Luminarias en sectores de las áreas peatonales y aparcamientos

LUMINARIAS	
NOMBRE	SECTORES Y UNIDAD
1205 Polar	• Área Aparcamiento (7 unidades)
1879 Portofino - medium	• Área Peatonal (3 unidades)

3.8 Simulación en Software DIALux

Para la elección y evaluación de uniformidad lumínica se hace la simulación y calculo mediante software DIALux, evaluando las zonas ya nombradas, a partir de esos datos se evalúa si cumple o no con el RIC N°10.

En la tabla 3.14 se observa el cumplimiento de todos los sectores del edificio principal. El cuadro verde corresponde al cumplimiento de los requisitos de cada área.

Tabla N°3.14 Parámetros medidos del edificio principal

NORMATIVA EN 12464-1						
	SECTORES	Em Lux	UGRL	U0	Ra	
N°1	Bodega Aditivos	528 lx	10.9	0.91	80	
N°2	Duchas Damas	420 lx	15.0	0.85	80	
N°3	Duchas Varones	433 lx	15.1	0.84	80	
N°4	Filtro Sanitario	452 lx	15.0	0.85	80	
N°5	Sala Botas	535 lx	13.7	0.75	80	
N°6	Vestuario Damas	746 lx	15.0	0.60	80	
N°7	Vestuario Varones	752 lx	14.9	0.59	80	
N°8	*SS.HH. Damas	968 lx	16.2 L 12.3 S	0.80	80	
N°9	*SS.HH. Varones	944 lx	16.3 L 12.5 S	0.64	80	
N°10	Cámara de Congelados N°1	256 lx	16.7	0.80	80	
N°11	Cámara Refrigeración N°1	277 lx	15.8	0.82	80	
N°12	Cámara Refrigeración N°2	250 lx	16.1	0.70	80	
N°13	Silo Hielo	368 lx	14.3	0.90	80	
N°14	Túnel Congelación	458 lx	16.1	0.87	80	
N°15	Recepción de Materia Prima	318 lx	18.9	0.67	80	
N°16	Retiro de Productos	305 lx	19.2	0.61	80	
N°17	Zonas de Empaque	391 lx	17.6	0.53	80	
N°18	Zona de Acopio N°1	713 lx	22.6	0.57	80	
N°19	Zona de Acopio Lavado	476 lx	15.4	0.87	80	
N°20	Procesamiento de Materia Prima	443 lx	20.0	0.60	80	

- Los cuadrados verdes significa que la zona o sala cumple con los requisitos mínimos y máximos respecto a la normativa.
- En el sector N°8 y 9 hay dos parámetros de UGRL, esto significa que corresponde al lavamanos la letra L y sanitarios a la letra S.
- Desde N°1 y N°9 corresponde a las secciones dentro de la área y aplicación 10 y 10.4.

- Desde N°10 y N°14 corresponde a las secciones dentro de la área y aplicación 12 y 12.1.
- Desde N°15 y N°18 corresponde a las secciones dentro de la área y aplicación 13 y 13.1.

En la tabla 3.15 se observa el cumplimiento de los sectores de las edificaciones.

Tabla N°3.15 Parámetros medidos para edificios

NORMATIVA EN 12464-1						
	SECTORES	Em Lux	UGRL	U0	Ra	
N°1	Garita (Sala de Seguridad)	264 lx	21.0	0.91	80	
N°2	Caldera	264 lx	24.8	0.71	80	
N°3	Equipos Fríos	281 lx	24.9	0.73	80	

En la tabla 3.16 se observa el cumplimiento los sectores de las áreas correspondientes.

Tabla N°3.16 Parámetros medidos para las áreas

NORMATIVA EN 12464-2						
	SECTORES	Em Lux	GRL	U0	Ra	
N°1	Área Aparcamiento	43.7 lx	35	0.34	70	
N°2	Área Peatonal	71.6 lx	49	0.29	80	

Según los parámetros calculados mediante software DIALux EVO, las luminarias utilizadas e instaladas en cada sector en el terreno del proyecto cumplen los requisitos máximos y mínimos. Para mayor detalle está el documento completo en el anexo del trabajo.

CAPITULO IV

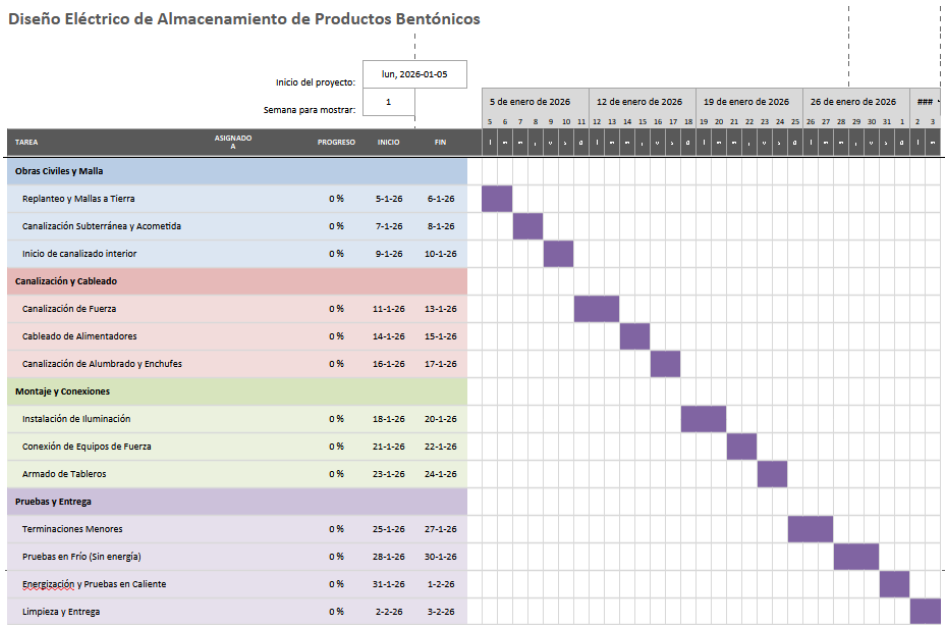
PLANIFICACIÓN Y CUBICACIÓN

En este capítulo se observa el cronograma y cubicación de materiales del proyecto. Son estimaciones aproximadas respecto al proyecto. En el caso del cronograma, se estima la duración del proyecto en un periodo de 1 mes. Para lograr esto en 30 días en una planta de 1.019 m² con cámaras frigoríficas, la obra civil (muros y pisos) debe estar lista y se recomienda trabajar con H.H. paralelas (un equipo en exterior/mallas y otro en interior/iluminación y fuerza).

4.1 Estrategia de Ejecución (30 Días)

- **Semana 1:** Canalizaciones pesadas, mallas a tierra y alimentadores principales.
- **Semana 2:** Canalizaciones interiores, cableado de distribución y montaje de tableros.
- **Semana 3:** Instalación de artefactos (luces/enchufes) y conexión de fuerza (motores/compresores).
- **Semana 4:** conexionado de tableros, pruebas, medidas finales y entrega.

Figura 4.1 Cronograma de ejecución proyecto



TAREA	ASIGNADO A	PROGRESO	INICIO	FIN
Obras Civiles y Malla				
Replanteo y Mallas a Tierra		0 %	5-1-26	6-1-26
Canalización Subterránea y Acometida		0 %	7-1-26	8-1-26
Inicio de canalizado interior		0 %	9-1-26	10-1-26
Canalización y Cableado				
Canalización de Fuerza		0 %	11-1-26	13-1-26
Cableado de Alimentadores		0 %	14-1-26	15-1-26
Canalización de Alumbrado y Enchufes		0 %	16-1-26	17-1-26
Montaje y Conexiones				
Instalación de Iluminación		0 %	18-1-26	20-1-26
Conexión de Equipos de Fuerza		0 %	21-1-26	22-1-26
Armado de Tableros		0 %	23-1-26	24-1-26
Pruebas y Entrega				
Terminaciones Menores		0 %	25-1-26	27-1-26
Pruebas en Frío (Sin energía)		0 %	28-1-26	30-1-26
Energización y Pruebas en Caliente		0 %	31-1-26	1-2-26
Limpieza y Entrega		0 %	2-2-26	3-2-26

4.2 Cronograma Detallado de Obra

Semana 1: Infraestructura y Obras Civiles Eléctricas

- Trazado en terreno de la ubicación de las 2 mallas a tierra (MT y BT) de 6x4m.
- Excavación y construcción de las mallas (instalación de conductores desnudos N°2 AWG y electrodos).
- Medición preliminar de resistividad para asegurar que cumpla la normativa (< 20 Ohm) antes de tapar.
- Zanjeo e instalación de ductos subterráneos para el alimentador general desde el poste/transformador de 100 kVA hasta el tablero general (TGFyA).
- Instalación de cámaras de paso.
- Fijación de cajas de derivación principales en zonas de hormigón.

Semana 2: Canalización Fina y Cableado de Fuerza

- Instalación de tuberías PVC (20mm, 25mm, 32mm y 40mm hacia las ubicaciones de los compresores (Danfoss, Bock, Frascold) y evaporadores.
- Canalización en sala de Caldera y sala de equipos de frio.
- Tendido del cable principal (95mm^2) desde el empalme al Tablero General.
- Cableado de los sub-alimentadores hacia los tableros secundarios (TDA N°1, TDA N°2, TDF Hielo, TDF Frio).
- Instalación de ductos de menor diámetro (16mm - 20mm) para iluminación de la entrada y salida de los productos, baños, vestuarios, zonas de empaque, entre otras zonas.

Semana 3: Montaje de Equipos y Artefactos

- Montaje de luminarias estancas (IP66) en cámaras de frío y zonas de proceso (Luminarias Disano/Zumtobel).

- Instalación de iluminación exterior (postes y focos) en estacionamientos y zona peatonal.
- Conexión eléctrica de las unidades condensadoras y evaporadores en las cámaras de media y baja temperatura (-20°C).
- Conexión del Túnel de Congelación (Compresor de 20 HP).
- Conexión de bombas y equipos en la sala de Calderas y generador de hielo.
- Fijación de los gabinetes de los tableros (TGFyA, TDA, TDF) a los muros.
- Peinado de cables, marcación y conexión a las protecciones (disyuntores y diferenciales) dentro de los tableros.

Semana 4: Terminaciones, Pruebas y Entrega

- Instalación de placas de enchufes e interruptores (Módulos 9/12, 9/15, 9/24) en oficinas y garita.
- Cierre de tapas de cámaras de paso y sellado de pasadas de muros (especialmente en cámaras frigoríficas para evitar fugas de frío).
- Pruebas de continuidad y aislación (Megger) a todos los circuitos de fuerza y alumbrado.
- Verificación de apriete (torque) en todas las conexiones de tableros y motores.
- Verificación de equipotencialidad con las mallas a tierra.
- Conexión al transformador de 100 kVA y energización del TGFyA.
- Medición de voltajes y secuencia de fases (R-S-T) en tableros de fuerza (importante para el sentido de giro de compresores y bombas).
- Prueba de funcionamiento de iluminación (encendido/apagado) y medición de niveles Lux con el Luxómetro.
- Retiro de escombros y limpieza de la obra.

- Entrega de planos de la instalación.

4.3 Cubicación de materiales

Para el desarrollo del proyecto se contemplan los materiales necesarios para llevar a cabo la actividad, expresado en la tabla 4.1 y 4.2.

Tabla N°4.1 Listado de materiales baja tensión

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UNID
1	Interruptor termomagnético caja moldeada omnipolar 4xk200a	1	c/u
2	Interruptor termomagnético caja moldeada omnipolar 4xd80a	1	c/u
3	Interruptor termomagnético omnipolar 4xd50a	1	c/u
4	Interruptor termomagnético omnipolar 4xd25a	1	c/u
5	Interruptor termomagnético omnipolar 2xd32a	1	c/u
6	Interruptor termomagnético omnipolar 2xd25a	1	c/u
7	Interruptor termomagnético 1xd32a	1	c/u
8	Interruptor termomagnético 1xd25a	1	c/u
9	Interruptor termomagnético 3xd25a	1	c/u
10	Interruptor termomagnético 3xd50a	1	c/u
11	Interruptor termomagnético 3xd80a	1	c/u
12	Paradas de emergencia con contacto na	6	c/u
13	Fusible 2a 220v	6	c/u
14	Interruptor termomagnético 1xb6a	5	c/u
15	Interruptor termomagnético 1xc16a	7	c/u
16	Interruptor termomagnético 1xc6a	16	c/u
17	Interruptor termomagnético 3xc6a	7	c/u
18	Interruptor termomagnético 3xd6a	1	c/u
19	Interruptor termomagnético 3xd10a	1	c/u
20	Interruptor termomagnético 3xd16a	3	c/u
21	Interruptor termomagnético 3xc25a	1	c/u
22	Interruptor termomagnético 3xd32a	2	c/u
23	Protector diferencial 2x16a 30ma	28	c/u
24	Protector diferencial 4x16a 30ma	5	c/u
25	Protector diferencial 4x25a 30ma	1	c/u
26	Protector diferencial 4x32a 30ma	1	c/u
27	Luz piloto rojo	32	c/u
28	Tablero metálico 300x200x150mm 1 puerta ip65	2	c/u
29	Tablero metálico 800x1000x300mm ip55	2	c/u
30	Tablero metálico 2000x1000x500mm ip55	2	c/u

31	Bobinas de disparo interruptor termomagnético caja moldeada	2	c/u
32	Bobina de disparo interruptor termomagnético	4	c/u
33	Tubo pvc conduit16 mm	6	m
34	Tubo pvc conduit 20 mm	220	m
35	Tubería conduit subterránea 750 n 25mm	52	m
36	Tubo pvc conduit 32 mm	87	m
37	Tubo pvc conduit 40mm x 6 metros clase ii40 mm	120	m
38	Tubo pvc conduit 63 mm	25	m
39	Tubería conduit subterránea 750 n 140mm	45	m
40	Cable rz1-k 1.5 mm2 rojo - verde - blanco	175	m
41	Cable rz1-k 2.5 mm2 rojo - verde - blanco	90	m
42	Cable rz1-k 2.5 mm2 azul - negro - rojo - verde - blanco	90	m
43	Cable rz1-k 4 mm2 azul - negro - rojo - verde - blanco	55	m
44	Cable rz1-k 6 mm2 rojo - verde - blanco	25	m
45	Cable rz1-k 10 mm2 azul - negro - rojo - verde - blanco	25	m
46	Cable rz1-k 25 mm2 azul - negro - rojo - verde - blanco	25	m
47	Cable rz1-k 95 mm2 azul - negro - rojo - verde - blanco	50	m
48	Caja chuqui	88	c/u
49	Caja estaco 100x100x50	20	c/u
50	Barra bipolar 62a	2	c/u
51	Barra tetrapolar 125a	8	c/u
52	Abrazadera omega pvc 16 mm 10 unidades	1	c/u
53	Abrazadera omega pvc 20 mm 50 unidades	14	c/u
54	Abrazadera omega pvc 25 mm 50 unidades	1	c/u
55	Abrazadera omega pvc 32 mm 50 unidades	5	c/u
56	Abrazadera omega pvc 40 mm 50 unidades	2	c/u
57	Abrazadera omega pvc 63 mm 50 unidades	2	c/u
58	Extractor de aire 12w	4	c/u
59	Secador de manos	2	c/u
59	Interruptor 9/12 con indicador led	14	c/u
59	Interruptor 9/15 con indicador led	6	c/u
59	Enchufe 220v 2 módulos	18	c/u
60	Enchufe industrial 220v 16a	3	c/u
61	Letrero salida de emergencia	3	c/u
62	Poste tubular 6 metros galvanizado	7	c/u
63	Riel din perforado tira 2 metros	9	c/u
64	Ferrules 1.5 mm2 bolsa 100 unidades	1	c/u
65	Ferrules 2.5 mm2 bolsa 100 unidades	4	c/u
66	Ferrules 4 mm2 bolsa 100 unidades	2	c/u
67	Ferrules 6 mm2 bolsa 50 unidades	1	c/u
68	Ferrules 10 mm2 bolsa 50 unidades	1	c/u

69	Ferrules 25 mm2 bolsa 50 unidades	1	c/u
70	Ferrules 95 mm2 bolsa 50 unidades	1	c/u
71	Terminal de ojo 1.5 mm2 bolsa 50 unidades	1	c/u
72	Terminal de ojo 2.5 mm2 bolsa 50 unidades	1	c/u
73	Terminal de ojo 4 mm2 bolsa 25 unidades	1	c/u
74	Terminal de ojo 6 mm2 bolsa 25 unidades	1	c/u
75	Terminal de ojo 10 mm2 bolsa 25 unidades	1	c/u
76	Terminal de ojo 25 mm2 bolsa 25 unidades	1	c/u
77	Terminal de ojo 93 mm2 bolsa 25 unidades	1	c/u
78	Conector plástico cónico para cable nro. 44 amarillo 100un	8	c/u
79	Relé temporizador para iluminación exterior	1	c/u
80	Relé de asimetría	8	c/u
81	Botoneras verdes	8	c/u
82	Botoneras rojas	8	c/u
83	Medidor digital de voltaje y corriente tablero	1	c/u
84	Luz de emergencia autogenerada	7	c/u
85	Relé de asimetría	5	c/u
86	Barra cobre 25 × 8 mm	8	c/u
87	Barra cobre 10 × 3 mm	12	c/u
88	Cu 15 × 3 mm (45 mm²)	10	c/u

Tabla N°4.2 Listado de materiales media tensión

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	UNID
1	Aislador polimérico anclaje 35 kV	6	c/u
2	Barra c/ojo para tirante, 19mm l= 2995 c/ doble tuerca	1	c/u
3	Cable acero tipo 3/8"(mts)	10	metros
4	Cable cu n°2 awg	10	metros
5	Cañería galvanizada 1"x 3 mts.	2	c/u
6	Cañería galvanizada 3"x 3 mts	2	c/u
7	Condulet 1"	1	c/u
8	Condulet 3"	1	c/u
9	Copla reducción 4 " a 1"	1	c/u
10	Cruceta l 80 x 80 x 8 mm l= 2400	3	c/u
11	Diagonal (pl 32 x 85x 90 mm)	6	c/u
12	Eslabón simple 17,5 mm	3	c/u

13	Espiga para aislador de porcelana p/cruceta met.	3	c/u
14	Golilla cuadrada pl 100 x 100 x 20 mm	1	c/u
15	Perno hex. acero galv 5/8 x 10”, c/tuerca	2	c/u
16	Perno hex. acero galv 5/8 x 2 1/2”, c/tuerca	8	c/u
17	Perno hex. acero galv 5/8 x 8”, c/tuerca	10	c/u
18	Perno hex. acero galv 5/8 x 9”, c/tuerca	6	c/u
19	Perno hex. acero galv. 3/4 x 11", c/tuerca	1	c/u
20	Pletina unión 335 x 120 x 6 mm	2	c/u
21	Prensa paralela para cable cu 2 a 8 awg	9	c/u
22	Tablero de fuerza general caja tipo "c"	1	c/u
23	Tapón de tubo protector pvc	1	c/u
24	Tubo de protección para tirante pvc	1	c/u
25	Medidor indirecto multitarifa	1	c/u
26	Aislador de espiga porcelana, clase 25 kV	3	c/u
27	Aislador de tensión para media tensión	1	c/u
28	Armadura preformada p/ tirante 3/8"	4	c/u
29	Aislador adicional	3	c/u
30	Desconectador fusible 100 a / 25 kV	3	c/u
31	Eslabón angular	1	c/u
32	Golilla pl 40 x 40 x 5 mm, p/ per.3/4"	2	c/u
33	Golilla pl 40 x 40 x 5 mm, p/ per.5/8"	18	c/u
34	Golilla presión, ac galv. P/perno 3/4"	2	c/u
35	Golilla presión, ac galv. P/perno 5/8"	38	c/u
36	Grapa anclaje conductor para cable cu 2 a 8 awg	9	c/u
37	Grillete anclaje recto ac galv 16 mm	3	c/u
38	Grillete galv. 12 mm c/pasador y chaveta	3	c/u
39	Guardacabo galv. De 5/8"	1	c/u
40	Muerto cónico para tirante	1	c/u
41	Poste HA 11,5 mts	2	c/u
42	Compacto 5-10-20 /5	1	c/u

43	Transformador 100 kVA en 23 kV	1	c/u
44	Viga porta transformador	4	c/u
45	Afianza	2	c/u
46	Viga tipo c	4	c/u
47	Golilla de presión de 1/2 "	6	c/u
48	Perno hex 1/2 x 1"	6	c/u
49	Perno hex 5/8 x 11"	4	c/u
50	Copla reducción 4 " a 3"	1	c/u

CAPITULO V

MEMORIAS DE CALCULO Y MEMORIA EXPLICATIVA

Se recoge las memorias de cálculo y la memoria explicativa del proyecto. Su objetivo es dejar constancia clara, reproducible y verificable de los criterios, hipótesis, procedimientos y resultados técnicos que sustentan las decisiones de diseño.

5.1 Distribución de Tableros y Protecciones

En los diagramas unilineales y cuadro de carga se indica la potencia y ampacidad de cada tablero proyectado, como el sistema es de baja tensión no es necesario realizar una simulación de coordinación de protecciones.

El sistema eléctrico del proyecto está constituido por los siguientes equipos, del cual se contempla alimentar con energía eléctrica a distintos tableros:

a) TGFyA

- Interruptor termomagnético omnidireccional GENERAL de 4x200 [A] curva K.
- 5 circuitos destinados para cámaras de refrigeración, enchufes y alumbrado.

b) TDA N°1

- Interruptor termomagnético omnidireccional GENERAL de 2x32 [A] curva D.
- 5 circuitos destinados para enchufes y alumbrados.

c) TDA N°2

- Interruptor termomagnético omnidireccional GENERAL de 2x25 [A] curva D.
- 4 circuitos destinados para enchufes, alumbrados y motor de portón automático.

d) TDF HIELO

- Interruptor termomagnético omnidireccional GENERAL de 4x50 [A] curva D.
- 8 circuitos destinados para bombas, motores, sistemas de válvula y enchufe.

e) TDF EQUIPOS DE FRIO

- Interruptor termomagnético omnidireccional GENERAL de 4x80 [A] curva D.
- 17 circuitos destinados para unidades condensadoras, compresores, evaporadores, control y enchufe.

f) TDF CALDERA

- Interruptor termomagnético omnidireccional GENERAL de 4x25 [A] curva D.
- 5 circuitos destinados para bombas, control, ablandador de agua y enchufes.

5.1.1. Calculo Línea General TGFyA

Cálculo de la línea que alimenta el TGFyA con potencia de 60,62 kW desde el transformador (lado baja tensión 380 V) conociendo los parámetros establecidos, más el largo, se podrá establecer la caída de tensión y la sección del conductor.

$$I_C = I_t \times f_n \times f_t \qquad \textbf{Ecuación 5.1}$$

Donde:

I_c: La capacidad de corriente máxima corregida.

I_t: La corriente de la tabla N°4.4 del pliego técnico RIC N°04

fn: Factor de corrección según tabla N°4.6 del pliego técnico RIC N°04

ft: Factor de corrección según tabla N°4.7 del pliego técnico RIC N°04

$$S = \frac{\sqrt{3} \times k \times \rho \times L \times I}{Vp}$$ **Ecuación 5.2**

Donde:

S = Sección del Conductor (mm^2)

k = para 380 V es igual a 1

ρ = 0,018

L = largo (metros)

I = Corriente nominal (A)

Vp= Caída de tensión 3% tensión nominal (V)

Por lo que:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 0{,}018 \times 38{,}71 \times 150{,}03}{11{,}4}$$

$$S = 15{,}88 \text{ mm}^2$$

S utilizado = 95 mm^2

Se aproxima a una sección comercial de 5x95 mm^2 RZ1-K, debido a la intensidad de corriente permisible para el conductor nombrado basados en la tabla N°4.4 del RIC N°4 coincidiendo con una protección termomagnética de F200A, por lo tanto, se tendrá como caída de tensión:

$$Vp = \frac{\sqrt{3} \times k \times \rho \times L \times I}{S}$$ **Ecuación 5.3**

$$Vp = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 0{,}018 \times 38{,}71 \times 150{,}03}{95 \text{ mm}^2}$$

$$Vp = 1{,}10 \text{ V}$$

Se concluye que, la sección del conductor empleada nos permite tener una caída de tensión (Vp) dentro de rangos permisibles (<3%) de acuerdo con el punto 5.1.3 del pliego técnico RIC N°03.

5.1.2. Calculo Línea TDA N°1 desde TGFyA.

Cálculo de la línea de 220 V que alimenta el TDA N°1 con potencia de 5,60 kW desde el TGFyA conociendo los parámetros establecidos, más el largo, se podrá establecer la caída de tensión y la sección del conductor.

$$S = \frac{k \times \rho \times L \times I}{Vp} \qquad \textbf{Ecuación 5.4}$$

$$S = \frac{2 \times 0{,}018 \times 18{,}27 \times 25{,}45}{6{,}6}$$

$$S = 2{,}53 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ utilizado} = 6 \text{ mm}^2$$

Se aproxima a una sección comercial de 3x6 mm^2 RZ1-K, debido a la intensidad de corriente permisible para el conductor nombrado basados en la tabla N°4.4 del RIC N°4 coincidiendo con una protección termomagnética de 32A, por lo tanto, se tendrá como caída de tensión:

$$Vp = \frac{k \times \rho \times L \times I}{S} \qquad \textbf{Ecuación 5.5}$$

$$Vp = \frac{1 \times 0{,}018 \times 18{,}27 \times 25{,}45}{6\text{mm}^2}$$

$$Vp = 2{,}79 \text{ V}$$

Se concluye que, la sección del conductor empleada nos permite tener una caída de tensión (Vp) dentro de rangos permisibles (<3%) de acuerdo con el punto 5.1.3 del pliego técnico RIC N°03.

5.1.3. Calculo Línea TDA N°2 desde TGFyA

Cálculo de la línea de 220 V que alimenta el TDA N°2 con potencia de 1,06 kW desde el TGFyA conociendo los parámetros establecidos, más el largo, se podrá establecer la caída de tensión y la sección del conductor.

$$S = \frac{k \times \rho \times L \times I}{Vp} \qquad \textbf{Ecuación 5.6}$$

$$S = \frac{2 \times 0{,}018 \times 29{,}36 \times 5{,}61}{6{,}6}$$

$$S = 0{,}89 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ utilizado} = 4 \text{ mm}^2$$

Se aproxima a una sección comercial de 3x4 mm^2 RZ1-K, debido a la intensidad de corriente permisible para el conductor nombrado basados en la tabla N°4.4 del Ric N°4 coincidiendo con una protección termomagnética de 25A, por lo tanto, se tendrá como caída de tensión:

$$Vp = \frac{k \times \rho \times L \times I}{S} \qquad \textbf{Ecuación 5.7}$$

$$Vp = \frac{1 \times 0{,}018 \times 29{,}36 \times 5{,}61}{4\text{mm}^2}$$

$$Vp = 1{,}48 \text{ V}$$

Se concluye que, la sección del conductor empleada nos permite tener una caída de tensión (Vp) dentro de rangos permisibles (<3%) de acuerdo con el punto 5.1.3 del pliego técnico RIC N°03.

5.1.4. Calculo Línea TDF HIELO desde TGFyA

Cálculo de la línea de 380 V que alimenta el TDF Hielo con potencia de 15,30 kW desde el TGFyA conociendo los parámetros establecidos, más el largo, se podrá establecer la caída de tensión y la sección del conductor.

$$S = \frac{\sqrt{3} \times k \times \rho \times L \times I}{Vp} \qquad \textbf{Ecuación 5.8}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} * 1 \times 0{,}018 \times 16{,}71 \times 35{,}48}{11{,}4}$$

$$S = 1{,}62 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ utilizado} = 10 \text{ mm}^2$$

Se aproxima a una sección comercial de 5x10 mm^2 RZ1-K, debido a la intensidad de corriente permisible para el conductor nombrado basados en la tabla N°4.4 del Ric N°4 coincidiendo con una protección termomagnética de 50A, por lo tanto, se tendrá como caída de tensión:

$$Vp = \frac{\sqrt{3} \times k \times \rho \times L \times I}{S} \qquad \textbf{Ecuación 5.9}$$

$$Vp = \frac{\sqrt{3} * 1 \times 0{,}018 \times 16{,}71 \times 35{,}48}{10\text{mm}^2}$$

$$\text{Vp} = 1{,}07\ \text{V}$$

Se concluye que, la sección del conductor empleada nos permite tener una caída de tensión (Vp) dentro de rangos permisibles (<3%) de acuerdo con el punto 5.1.3 del pliego técnico RIC N°03.

5.1.5. Calculo Línea TDF Equipos de Frio desde TGFyA

Cálculo de la línea de 380 V que alimenta el TDF Equipos de Frio con potencia de 33,56 kW desde el TGFyA conociendo los parámetros establecidos, más el largo, se podrá establecer la caída de tensión y la sección del conductor.

$$\text{S} = \frac{\sqrt{3} \times \text{k} \times \rho \times \text{L} \times \text{I}}{\text{Vp}} \qquad \textbf{Ecuación 5.10}$$

$$\text{S} = \frac{\sqrt{3} * 1 \times 0{,}018 \times 19{,}96 \times 66{,}88}{11{,}4}$$

$$\text{S} = 3{,}65\ \text{mm}^2$$

$$\text{S utilizado} = 25\ \text{mm}^2$$

Se aproxima a una sección comercial de 5x25 mm^2 RZ1-K, debido a la intensidad de corriente permisible para el conductor nombrado basados en la tabla N°4.4 del Ric N°4 coincidiendo con una protección termomagnética de 80A, por lo tanto, se tendrá como caída de tensión:

$$Vp = \frac{\sqrt{3} * \text{k} \times \rho \times \text{L} \times \text{I}}{\text{S}} \qquad \textbf{Ecuación 5.11}$$

$$\text{Vp} = \frac{\sqrt{3} * 1 \times 0{,}018 \times 19{,}96 \times 66{,}88}{25\text{mm}^2}$$

$$\text{Vp} = 0{,}96\ \text{V}$$

Se concluye que, la sección del conductor empleada nos permite tener una caída de tensión (Vp) dentro de rangos permisibles (<3%) de acuerdo con el punto 5.1.3 del pliego técnico RIC N°03.

5.1.6. Calculo Línea TDF Caldera desde TGFyA

Cálculo de la línea de 380 V que alimenta el TDF Caldera con potencia de 5,10 kW desde el TGFyA conociendo los parámetros establecidos, más el largo, se podrá establecer la caída de tensión y la sección del conductor.

$$S = \frac{\sqrt{3} \times k \times \rho \times L \times I}{Vp} \qquad \textbf{Ecuación 5.12}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} * 1 \times 0{,}018 \times 38{,}71 \times 16{,}60}{11{,}4}$$

$$S = 1{,}59 \text{ mm}^2$$

$$S \text{ utilizado} = 4 \text{ mm}^2$$

Se aproxima a una sección comercial de 5x4 mm^2 RZ1-K, debido a la intensidad de corriente permisible para el conductor nombrado basados en la tabla N°4.4 del RIC N°4 coincidiendo con una protección termomagnética de 80A, por lo tanto, se tendrá como caída de tensión:

$$Vp = \frac{\sqrt{3} * k \times \rho \times L \times I}{S} \qquad \textbf{Ecuación 5.13}$$

$$Vp = \frac{\sqrt{3} * 1 \times 0{,}018 \times 38{,}71 \times 16{,}60}{4\text{mm}^2}$$

$$Vp = 2{,}62\ V$$

Se concluye que, la sección del conductor empleada nos permite tener una caída de tensión (Vp) dentro de rangos permisibles (<3%) de acuerdo con el punto 5.1.3 del pliego técnico RIC N°03.

5.1.7. Dimensionamientos alimentadores

Para el dimensionamiento de alimentadores de tableros que cuenten con equipos de fuerza o climatización se calcularan de acuerdo con el RIC N°07 – Instalaciones de Equipos. En los alimentadores que suministran energía a dos o más motores, la capacidad de corriente del conductor no deberá ser inferior al 125% de la corriente del motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes nominales restantes de motores, por lo que se considera la condición más desfavorable de operación simultanea de las

cargas, puesto que los equipos de refrigeración y congelación presentan un régimen de funcionamiento variable en el tiempo condicionado por el proceso térmico.

$$I_{calc} = (1{,}25 \times I_{motor\ mayor}) + \sum I_{otros\ motores} + \sum I_{otras\ cargas} \quad \textbf{Ecuación 5.14}$$

5.1.8. Cubicación de materiales

La cubicación detalla del proyecto para baja y media tensión se encuentran en el capítulo 4 tabla 4.1 y 4.2.

5.1.9. Tableros

Las barras de los tableros fueron dimensionados conforme a la corriente nominal de cada tablero según su protección general y una densidad de corriente admisible de 1,5A/mm^2. Contaran con una separación de 25 mm en los tableros trifásicos.

5.1.10. Distribución de conductores y ductos del sistema.

Tabla N°5.1 Distribución de alimentadores

ALIMENTADOR O SUB ALIMENTADOR		ALIMENTADOR O SUB ALIMENTADOR			Tipo de aislación	longitud (m)	potencia (kw)	protección asignada	Vp (V)	Canalización
DESDE	HASTA	FASE mm2	Neutro mm2	T.P mm2						Ducto mm
empalme	TGFyA	95 RZ1-K	95 RZ1-K	95 RZ1-K	XLPE	38,71 m	60,62	K200 A	1,20	140 mm
TGFyA	TDA 1	6 RZ1-K	6 RZ1-K	6 RZ1-K	XLPE	18,27 m	5,60	D32A	3,99	40 mm
TGFyA	TDA 2	4 RZ1-K	4 RZ1-K	4 RZ1-K	XLPE	29,36 m	1,06	D25A	2,68	40 mm
TGFyA	TDF HIELO	10 RZ1-K	10 RZ1-K	10 RZ1-K	XLPE	16,71 m	15,30	D50A	2,27	40 mm
TGFyA	TDF EQUIPOS DE FRIO	25 RZ1-K	25 RZ1K	25 RZ1-K	XLPE	19,96 m	33,56	D80A	2,35	63 mm
TGFyA	TDF CALDERA	4 RZ1-K	4 RZ1-K	4 RZ1-K	XLPE	38,71	5,10	D25A	3,82	40 mm

Tabla N°5.2 Distribución de cargas Fuerza

CUADRO DE CARGAS DE FUERZA GENERAL											
	CTO N°	Enchufe Industrial	CANALIZACIONES		Protecciones		InA	FASES	POTENCIA		DESTINO / EQUIPO
		1500w	COND. En mm2	Ducto ø	Disyuntor	Diferencial			HP	W	
TDF CALDERA	1	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	C6	16Ax30mA	3,58	R-S-T	3	2238	Bombas de alimentación, caldera
	2	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6	16Ax30mA	1,70	R	0,5	373	Bomba dosificadora, caldera
	3	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6	16Ax30mA	1,12	S	0,33	246,18	Sistema de Válvulas, Caldera
	4	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6	16Ax30mA	3,39	T	1	746	Ablandador de agua, caldera
	5	1	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	B16A	16Ax30mA	6,82	R	0	1500	Enchufe monofasico industrial 220v, TDF CALDERA
TOTAL	5	1			D25A	-	16,60		4,83	5103,18	
	CTO N°	Enchufe Industrial	CANALIZACIONES		Protecciones		InA	FASES	POTENCIA		DESTINO / EQUIPO
		1500w	COND. En mm2	Ducto ø	Disyuntor	Diferencial			HP	W	
TDF HIELO	1	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	C6A	16Ax30mA	0,60	R-S-T	0,5	373	Motor reductor para el giro de fresa, generadora de hielo
	2	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	R	0,5	373	
	3	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	S	0,5	373	Dosificador de sal, generadora de hielo
	4	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	T	0,5	373	Sistema de valvulas, generadora de hielo
	5	0	4 RZ1-K	PVC 40 mm	C25A	25Ax30mA	17,90	R-S-T	15	11190	Equipo refrigeración Bock HGX44e/475-4S, generadora de hielo
	6	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	3,39	R	1	746	2 Moto ventiladores, generadora de hielo
	7	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	S	0,5	373	Condensador
	8	1	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C16A	16Ax30mA	6,82	T	0	1500	Enchufe monofasico industrial 220v, TDF CALDERA
TOTAL	8	1			D50A	-	35,48		18,5	15301	
TDF EQUIPOS DE FRIO	CTO N°	Enchufe Industrial	CANALIZACIONES		Protecciones		InA	FASES	POTENCIA		DESTINO / EQUIPO
		1500w	COND. En mm2	Ducto ø	Disyuntor	Diferencial			HP	W	
CAMARA DE CONGELADOS N°1	1	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	D10A	16Ax30mA	6,56	R-S-T	5,5	4103	Unidad condensadora OP-HGZ064D39Q, camara de congelados N°1
	2	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	C6A	16Ax30mA	3,50	R-S-T	2,93	2185,78	Evaporador HEA 2502 08 9D, camara de congelados N°1
	3	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	R	0,5	373	calefactor de cárter y resistencia puerta, camara de congelados N°1
	4	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	S	0,5	373	sistemas de válvulas, camara de congelados N°1
subtotal	4	0	2.5 RZ1-K		D16A	-	13,45		9,43	7034,78	
CAMARA DE REFRIGERACIÓN N°1	5	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	D6A	16Ax30mA	3,58	R-S-T	3	2238	Unidad condensadora OP-HJZ036 , camara de refrigeración N°1
	6	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	C6A	16Ax30mA	2,11	R-S-T	1,77	1320	Evaporador HEA 2501 04 9D 380v, camara de refrigeración N°1
	7	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	S	0,5	373	calefactor de cárter y resistencia puerta, camara de refrigeración N°1
	8	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	T	0,5	373	sistemas de válvulas, camara de refrigeración N°1
subtotal	4	0	2.5 RZ1-K		D16A	-	9,08		5,77	4304,42	
CAMARA DE REFRIGERACIÓN N°2	9	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	D6A	16Ax30mA	3,58	R-S-T	3	2238	Unidad condensadora OP-HJZ036r, camara de refrigeración N°2
	10	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	C6A	16Ax30mA	2,11	R-S-T	1,77	1320,42	Evaporador HEA 2501 04 9D 380v, camara de refrigeración N°2
	11	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	S	0,5	373	calefactor de cárter y resistencia puerta, camara de refrigeración N°2
	12	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	T	0,5	373	sistemas de válvulas, camara de refrigeración N°2
subtotal	4	0	2.5 RZ1-K		D16A	-	9,08		5,77	4304,42	
TUNEL DE CONGELACIÓN	13	0	4 RZ1-K	PVC 40 mm	D32A	32Ax30mA	23,86	R-S-T	20	14920	Compresor S20-56Y 380v 50hz 20hp, tunel de congelación
	14	0	2.5 RZ1-K	PVC 32 mm	C6A	16Ax30mA	1,19	R-S-T	1	746	ventiladores, tunel de congelación
	15	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	R	0,5	373	calefactor del cárter y resistencia puerta, tunel de congelación
	16	0	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	C6A	16Ax30mA	1,70	S	0,5	373	sistemas de válvulas, tunel de congelación
subtotal	4	0	4 RZ1-K		D32A	-	28,45		22	16412	
ENCHUFE DE FUERZA TABLERO	17	1	2.5 RZ1-K	PVC 20 mm	D16A	16Ax30mA	6,82	T	0	1500	Enchufe monofasico industrial 220v, TDF FRIO
TOTAL	17				D80A		66,88	-	42,97	33555,6	

Tabla N°5.3 Distribución de cargas TDA

CUADRO DE CARGAS TDA																				
	CTO N°	ENCHUFES	Iluminación								Extractor	TOTAL	POT	In	FASES	PROTECCIONES		CANALIZACIONES		DESTINO
		250 W	10W	20 W	24W	27,3W	32W	37W	71W	73W	12W	CENTROS	Kw	A		DIFERENCIAL	DISYUNTOR	CONDUCTOR mm²	DUCTO Ø	
TDA N°1	1	0	0	2	12	0	0	0	0	0	4	18	0,38	1,71	R	16A/30mA	B6A	1.5 RZ1-K	pvc 20mm	Iluminación SS.HH VARONES - SS.HH DAMAS - DUCHA VARONES,VESTUARIO - DUCHA DAMAS, VESTUARIO
	2	0	0	1	3	0	3	0	1	0	0	8	0,26	1,18	R	16A/30mA	B6A	1.5 RZ1-K	pvc 20mm	Iluminación SALA DE BOTAS - FILTRO SANITARIO - ÁREA DE PROCESO DE MATERIAS PRIMAS - ZONA DE ACOPIO - CAMARA DE CONGELADO N°1 - RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA
	3	0	3	6	12	1	0	0	0	0	0	22	0,47	2,11	R	16A/30mA	B6A	1.5 RZ1-K	pvc 20mm	Iluminación CALDERA - EQUIPOS FRÍO - CAMAMARA DE REFRIGERACIÓN N°2 - TÚNEL DE CONGELACIÓN - CAMARA DE REFRIGERACIÓN N°1 - ZONA DE EMPAQUE - SILO HIELO ZONA DE ACOPIO LAVADO - ÁREA DE RETIRO PRODUCTOS- BODEGA ADITIVOS
	4	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2,50	11,36	R	16A/30mA	C16A	2.5 RZ1-K	pvc 20mm	Enchufe SS.HH VARONES - SS.HH DAMAS - DUCHA VARONES VESTUARIO - DUCHA DAMAS, VESTUARIO - SALA DE BOTAS - FILTRO SANITARIO - ÁREA DE PROCESO DE MATERIAS PRIMAS - ZONA DE ACOPIO - CAMARA DE CONGELADO N°1 - RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA
	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2,00	9,09	R	16A/30mA	C16A	2.5 RZ1-K	pvc 20mm	Enchufes ZONA DE EMPAQUE - BODEGA ADIVITOS - ÁREA DE RETIRO DE PRODUCTOS - ZONA DE ACOPIO LAVADO
TOTAL	5	18	3	9	27	1	3	0	1	0	4	66	5,60	25,45	R	-				-
	CTO N°	ENCHUFES	Iluminación								Motor 1/4hp	TOTAL	POT	In	FASES	PROTECCIONES		CANALIZACIONES		DESTINO
		250 W	10W	20 W	24W	27,3W	32W	37W	71W	73W	187w	CENTROS	kw	A		DIF	DISY	CONDUCTOR mm²	DUCTO Ø	
TDA N°2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,04	0,17	S	16A/30mA	B6A	1.5 RZ1-K	pvc 16mm	iluminación, Garita
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7	0,51	2,32	S	16A/30mA	B6A	1.5 RZ1-K	pvc 25mm	iluminación, Estacionamiento
	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,50	2,27	S	16A/30mA	C16A	2.5 RZ1-K	pvc 20mm	enchufe, Garita
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,19	0,85	S	16A/30mA	C6A	1.5 RZ1-K	pvc 25mm	motor monofasico portón, acceso vehiculos
TOTAL	4	2	0	0	0	0	0	1	0	7	1	9	1,06	5,61		-				-

Figura 5.1 "Diagrama Unilineal TGFyA"

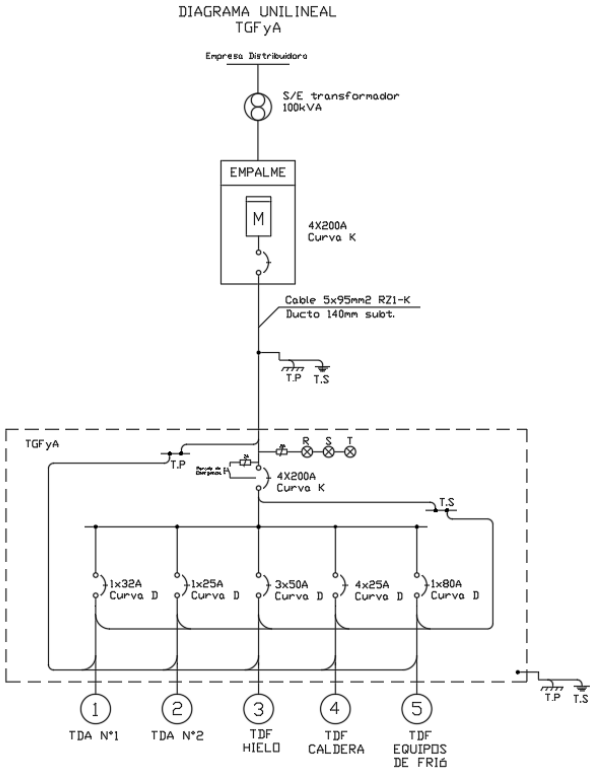


Figura 5.2 "Diagrama Unilineal TDA N°1"

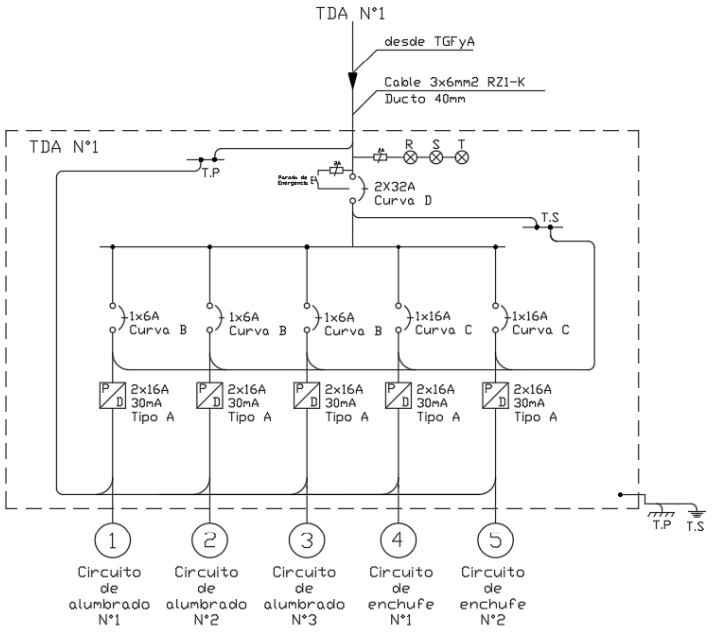


Figura 5.2 "Diagrama Unilineal TDA N°2"

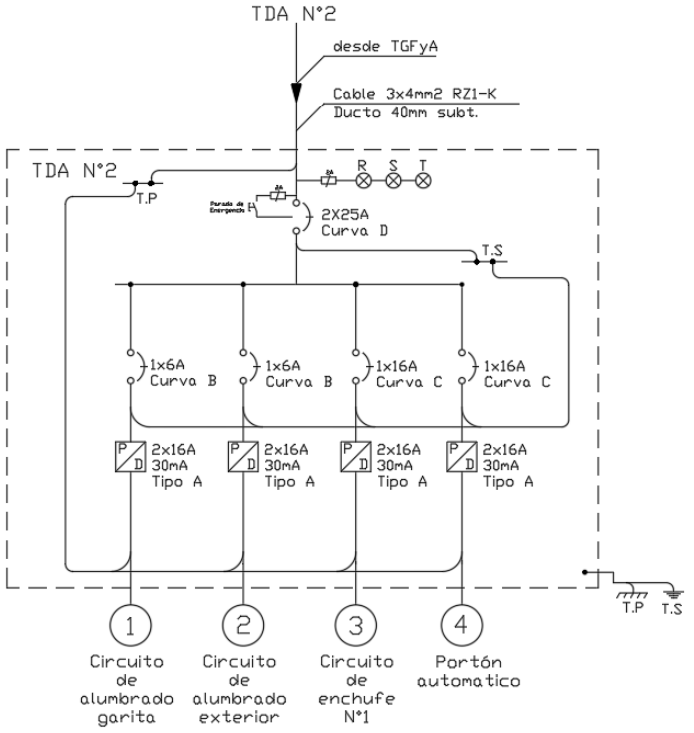


Figura 5.3 “Diagrama Unilineal TDF HIELO”

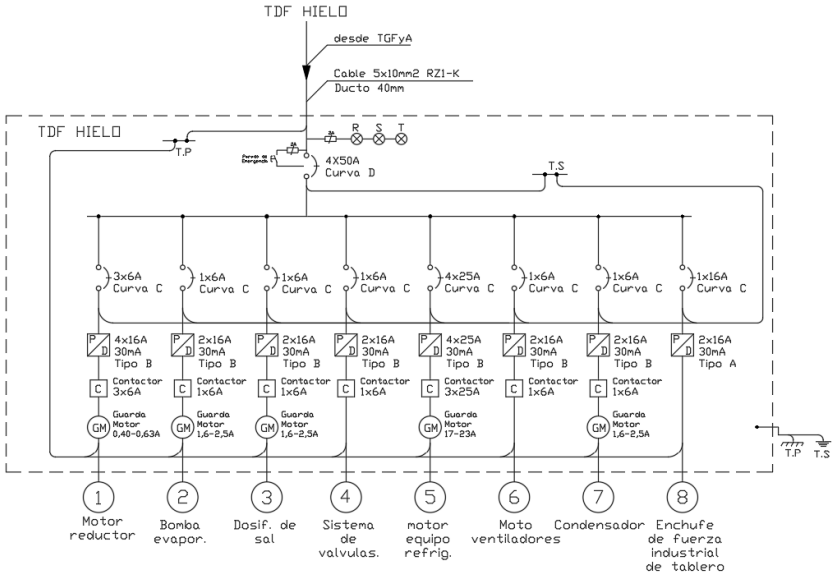


Figura 5.4 “Diagrama Unilineal TDF HIELO”

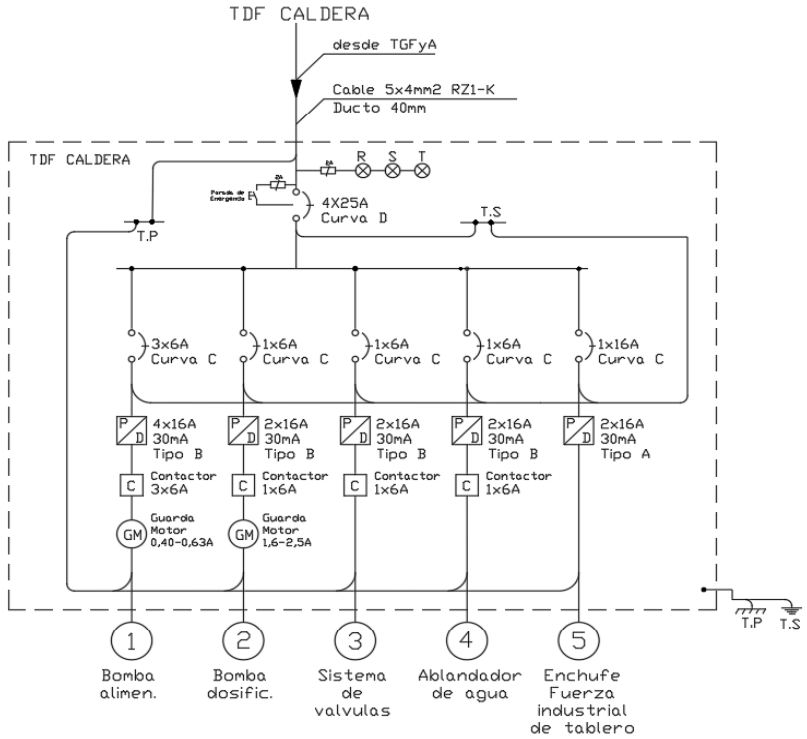


Figura 5.5 “Diagrama Unilineal TDF HIELO Parte 1”

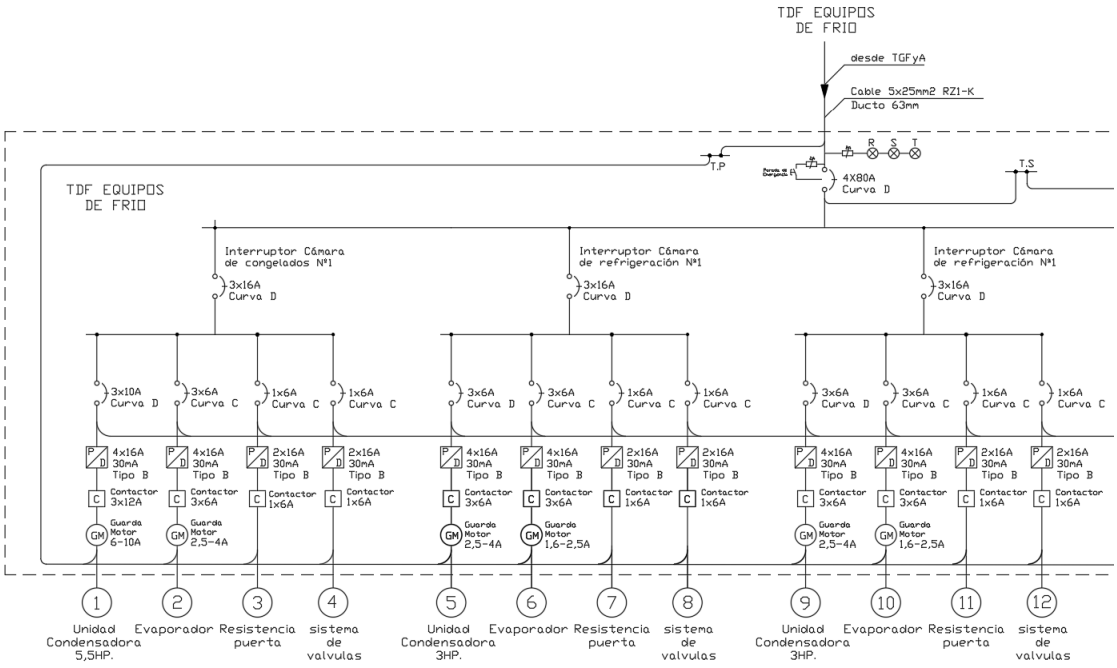
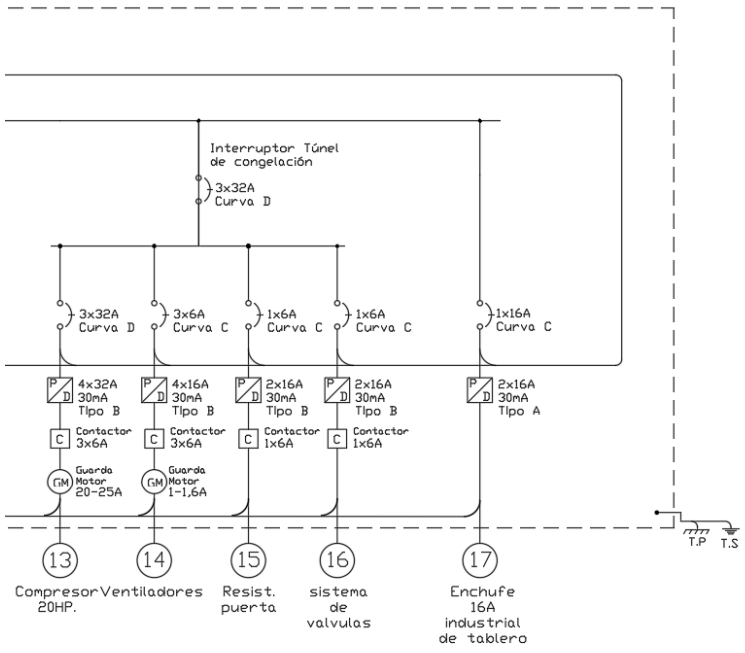


Figura 5.6 “Diagrama Unilineal TDF HIELO Parte 2”



La instalación considera equipos de frio, iluminación, y enchufes con una potencia de 60,62 kW del cual 6,66 kW pertenecen al alumbrado y 53,96 kW para fuerza (equipos de refrigeración).

Las necesidades requeridas en este proyecto son ejecutadas y diseñadas bajo normativa eléctrica SEC vigente del DS N°8/2019 y el DS N°1/2022.

En la instalación se ha proyectado centros de alumbrado, enchufes, climatización y tableros de fuerza y alumbrado.

5.2 Cálculo Media tensión 23 kV

Para la elección del transformador de media tensión se considera la siguiente de siguiente ecuación:

$$S = \frac{P}{fp} \qquad \textbf{Ecuación 5.15}$$

Donde:

S = Potencia Aparente (kVA)

P = Potencia Activa (kW)

Fp = Factor de potencia (0,95)

Por lo que:

$$S = \frac{60{,}62\ \text{kW}}{0{,}95}$$

$$S = 63{,}81\ \text{kVA} + 25\%$$

$$S = 79{,}76\ \text{kVA}$$

Debido al cálculo de la potencia aparente se considera el empalme del recinto alimentado a través de un transformador aéreo de 100 kVA.

Por desconocimiento de la sección de los conductores de acometida, que la compañía eléctrica dispondrá para el empalme del recinto, sólo consideramos conductores que van desde este al tablero de distribución.

5.2.1. Datos base del transformador

- Potencia: 100 kVA
- Propiedad: Cliente (propio)
- Tensión primaria: 23 kV
- Impedancia: 4%
- Tensión Secundaria: 380/220 V
- Sistema: Trifásico
- Medición: Equipo Compacto de medida (ECM)

5.2.2. Corriente nominal del transformador lado BT

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \qquad \textbf{Ecuación 5.16}$$

Donde:

S = Potencia aparente (kVA)

I = Corriente nominal de línea (A)

V = Tensión nominal entre líneas (V)

Remplazando:

$$I = \frac{100kVA}{\sqrt{3} \times 380V}$$

$$I = 152A$$

De acuerdo con los cálculos anteriores se obtiene que la corriente nominal del transformador es de 152 A en BT.

5.2.3. Equipo compacto de medida (ECM) 25 kV

La instalación cuenta con transformador propio por lo que se considera un equipo compacto de medida (ECM), no se considera transformador de potencia en la red

de baja tensión debido a que no supera los 1000 V. Por lo que el ECM cumple con las siguientes condiciones

- Tensión: 25 kV/0,24 kV
- Tipo de medición: Trifásico Indirecto en BT
- Clase de precisión: 0,5s
- Función de registro: kWh, kVArh y demandas.

5.2.4. Transformador de corriente ECM

- Relación: 5-10-15/5 A
- Clase de precisión: 0,5S
- Potencia: 10 VA

5.3 Memoria de cálculo malla de puesta a tierra

En esta memoria se observa los resultados de las mediciones de resistividad de suelo y el diseño de las 2 mallas a tierra, la primera malla de media tensión para el transformador de distribución de 100 kVA/23 kV y la segunda para la instalación en baja tensión del proyecto. Cabe señalar que las mediciones realizadas, fueron efectuadas bajo la normativa del decreto supremo D.S N°8 del ministerio de energía y su pliego técnico especifico (RIC 06 Puesta a Tierra y Enlace Equipotencial, con la finalidad de limitar la tensión que pueda circular por estructuras metálicas y los protectores diferenciales puedan detectar corrientes de fugas.

La malla propuesta a confeccionar son 2 mallas a tierras de 6x4 m, con 24 reticulados de 1 metro con conductor de cobre N°2 AWG o 33,6 mm².

5.3.1. Definiciones

- Telurómetro: es un instrumento que mide la resistencia de la puesta a tierra en instalaciones eléctricas. Es fundamental para garantizar la seguridad eléctrica, ya que permite verificar que el sistema de puesta a tierra funcione correctamente para desviar corrientes de falla y proteger a personas y equipos. Además, puede medir la resistividad del terreno, lo que es útil en la instalación y el mantenimiento de sistemas eléctricos, desde residencias hasta grandes plantas.

- El método de Schlumberger: es una técnica de sondeo geoeléctrico que mide la resistividad del subsuelo inyectando una corriente eléctrica a través de dos electrodos exteriores y midiendo la diferencia de potencial con dos electrodos interiores. Su característica principal es que se mantiene la distancia entre los electrodos interiores (potencial) constante, mientras que se varía la separación de los electrodos exteriores (corriente), lo que permite obtener datos de capas más profundas con menos mediciones que el método de Wenner.

- Método de Laurent: es un modelo analítico que se usa como modelo directo para calcular la resistencia de puesta a tierra de conductores enterrados y de mallas horizontales en suelo homogéneo o por capas. Laurent ofrece expresiones para la resistencia equivalente de conductores y mallas enterradas basadas en propiedades geométricas (longitud, malla, profundidad, diámetro) y la resistividad del suelo.

- El método de Schwarz: es una técnica para calcular la resistencia de mallas de puesta a tierra en instalaciones eléctricas. Consiste en dividir la malla en partes y calcular la resistencia equivalente combinada de cada componente, como un reticulado y barras verticales. La resistencia de la malla depende de factores como el tipo de conductor, el área de contacto con el terreno y la resistividad del suelo.

- El método de aproximación del error de Newton: se refiere a usar una versión del "método de Newton" para resolver el problema inverso: ajustar los parámetros del modelo (p. ej. resistividades de capas, profundidad efectiva, o parámetros de la malla) hasta que la predicción del modelo (Laurent/Schwarz) coincida con las mediciones reales.

- El método de Burdoff-Yakobs: es un método matemático para calcular la resistividad equivalente de un terreno con múltiples capas. Se utiliza en el diseño de sistemas de puesta a tierra para simplificar el modelo del suelo, reduciendo un sistema de múltiples capas a una sola capa equivalente, lo que permite calcular de forma más precisa la resistividad total del sistema.

5.3.2. Equipo utilizado para las mediciones

Las mediciones fueron realizadas con un telurómetro que presenta las siguientes características:

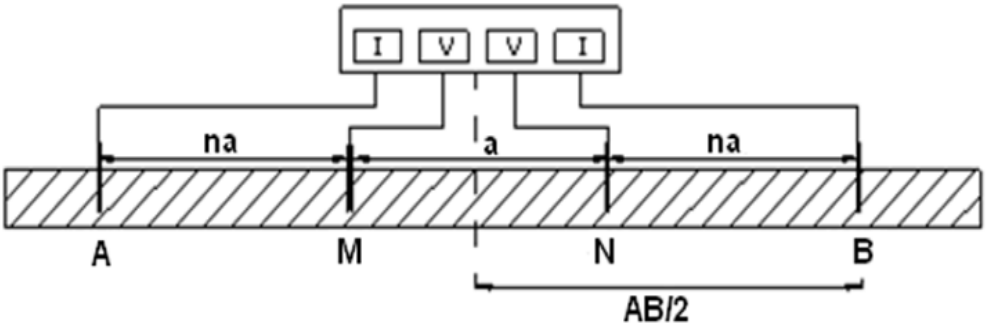
Tabla N°5.4 Equipamiento utilizado en terreno

Cantidad	Descripción
1	Telurómetro marca AEMC modelo: 6470
4	Estacas de cobre
1	Carrete de 50 m de cable conexión electrodo de corriente
2	Carrete de 30 m de cable conexión electrodo de voltaje
3	Conectores de electrodos
1	Huincha plástica de medir de 50 m
1	Martillo

5.3.3. Procedimiento y método de medición

Para las mediciones realizadas en terreno, se utilizó el método de Schlumberger por presentar menores variaciones laterales del terreno que los otros métodos ya que el lugar donde se emplazan las instalaciones corresponde a un terreno con alta resistividad.

Figura 5.7 Disposición del método Schlumberger



$$\rho a = \pi \cdot R \cdot a \cdot n \cdot (n+1) \ [\Omega m] \qquad \textbf{Ecuación N°5.17}$$

ρa= Resistividad aparente del estrato medido en Ωm.

R= Resistencia medida por el instrumento en Ω.

Junto con la instalación y configuración del telurómetro en terreno, se procede a realizar las mediciones de acuerdo con la hoja de registro que indica cada valor de los parámetros necesarios para realizar las mediciones.

Tabla N°5.5 Hoja de registro con los valores en metros para MN, a, n y AB/2d

N°	MN	a	n	AB/2
1	1	1	1	1,5
2	1	1	3	3,5
3	1	1	5	5,5
4	1	1	7	7,5
5	1	1	10	10,5
6	1	1	12	12,5
7	1	1	14	14,5
8	1	1	17	17,5
9	1	1	20	20,5
10	1	1	23	23,5
11	1	1	25	25,5

Posteriormente se calcula la resistividad mediante la fórmula:

$$\rho a = \pi \cdot R \cdot a \cdot n \cdot (n+1) \ [\Omega m] \qquad \textbf{Ecuación N°5.18}$$

Dónde:

ρa= Resistividad aparente del estrato medido en Ωm.

R= Resistencia medida por el instrumento en Ω.

Los resultados de las mediciones realizadas de acuerdo con lo indicado en la hoja de registro fueron los siguientes:

Tabla 5.6 Resultados obtenidos en las mediciones de campo.

N°	n	AB/2	R(Ω)	ρ(Ωm)
1	1	1,5	48,56	305,11
2	3	3,5	7,89	297,45
3	5	5,5	1,56	147,03
4	7	7,5	1,03	181,21
5	10	10,5	0,42	145,14
6	12	12,5	0,25	122,52
7	14	14,5	0,25	164,93
8	17	17,5	0,21	201,88
9	20	20,5	0,14	184,73
10	23	23,5	0,09	156,07
11	25	25,5	0,04	81,68

Dónde:

R(Ω) = Valor de la resistencia medida por el telurómetro.

ρ(Ωm) = Valor de la resistividad calculada.

Para la obtención de los resultados, se utiliza un software que trabaja con el modelo de Laurent y Schwarz aplicando el método de aproximación del error de Newton.

Figura 5.8 Gráfico de resistividades curvas del terreno

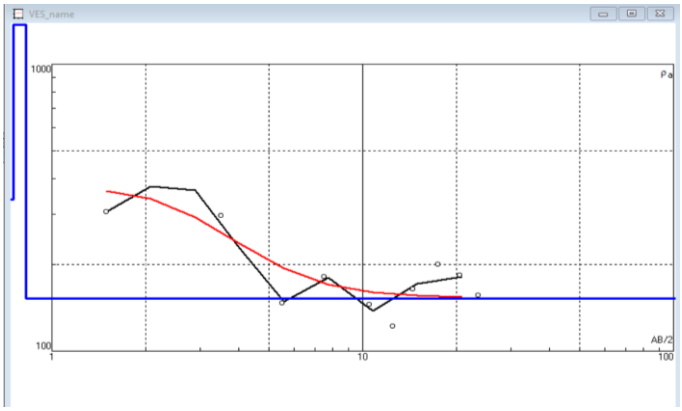
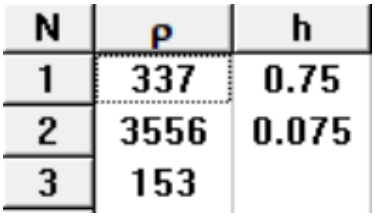


Figura 5.9 Gráfico de resistividades aparentes del terreno



N	ρ	h
1	337	0.75
2	3556	0.075
3	153	

5.3.4. Resistividad equivalente

El estudio de la resistividad de suelo se realizó en los terrenos donde se emplazará el proyecto, en el cual, las características del terreno y uniformidad del suelo permitieron realizar un solo estudio de resistividad para las 2 mallas a tierras que serán parte de la red de baja tensión.

Para disminuir la cantidad de capas del terreno y así obtener una capa equivalente, se utiliza el método de reducción de resistividad de "Burdoff-Yakobs". Además, con esté método se calcula las dimensiones de la malla a tierra y la profundidad de enterramiento mediante las siguientes ecuaciones:

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}\ [m] \qquad \textbf{Ecuación N°5.19}$$

$$r_o^2 = r^2 - b^2\ [m^2] \qquad \textbf{Ecuación N°5.20}$$

$$q_o^2 = 2 \cdot r \cdot (r + b)\ [m^2] \qquad \textbf{Ecuación N°5.21}$$

$$u_i^2 = q_o^2 + r_0^2 + h_i^2\ [m^2] \qquad \textbf{Ecuación N°5.22}$$

$$v_i^2 = 0{,}5 \cdot (u_i^2 - \sqrt{u_i^4 - (4 \cdot q_0^2 \cdot r_0^2)})\ [m^2] \qquad \textbf{Ecuación N°5.23}$$

$$F_1 = \sqrt{1 - \frac{v_i^2}{r_0^2}} \qquad \textbf{EcuaciónN°5.24}$$

$$\rho eq = \frac{1}{\Sigma_{i=1}^{n} \frac{(F_i - F_{(i-1)})}{\rho i}}\ [\Omega m] \qquad \textbf{Ecuación N°5.25}$$

Dónde:

i=1,2,3,… n capa de cada estrato.

F_0= 0

ρeq i= Resistividad del estrato “i” en Ωm.

h_1= Profundidad desde la superficie al termino del estrato “i” en metros.

A= Área cubierta por el perímetro de la malla en metros cuadrados.

b= Profundidad de enterramiento de la malla medida desde la superficie en metros.

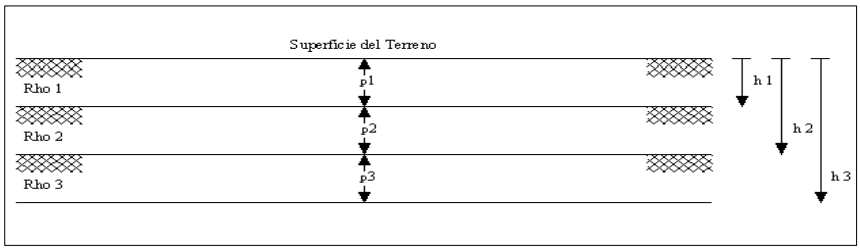
De acuerdo con las expresiones del método de reducción de resistividad de Burdoff-Yakobs, considerando los valores de las mediciones, se proponen 2 mallas de 6 metros de ancho por 4 metros de largo a una profundidad de 1,5 metros.

Tabla N°5.7 Resultados obtenidos con el método de Burdoff-Yakobs para las mallas.

Ancho	6 [m]
Largo	4 [m]
Área	24 [m²]
Profundidad	1,5 [m]
(ρ1) =	337 [Ωm]
(ρ2) =	3556 [Ωm]
(ρ3) =	156 [Ωm]
(h1) =	0,75 [m]
(h2) =	0,075 [m]
(h3) =	$\infty[m^2]$
r =	2,764
r_0^2 =	5,389
q_0^2 =	23,571
u_1^2 =	29,523
u_2^2 =	28,966
u_3^2 =	$\infty[m^2]$
v_1^2 =	5,229
v_2^2 =	5,388
v_3^2 =	0,00
F_1 =	0,1725
F_2 =	0,00176
F_3 =	1,00
ρ eq	**145,15**

La resistividad equivalente del suelo en donde se instala la malla a tierra es de 145,15 Ω/m.

Figura 5.10 Espesores de las capas



5.3.5. Mediciones teóricas de la resistencia de las mallas a tierra.

Mediante las siguientes ecuaciones, se obtiene como resultado la tabla N°5.8 y N°5.9:

$$K_1 = 1.43 - \frac{2.3xh}{\sqrt{A}} - 0.044x\left(\frac{a}{b}\right) \qquad \textbf{Ecuación N°5.26}$$

$$K_2 = 5.5 - \frac{8xh}{\sqrt{A}} + \left(0.15 - \frac{h}{\sqrt{A}}\right)x\frac{a}{b} \qquad \textbf{Ecuación N°5.27}$$

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi x L_1}x\left(\ln\left(\frac{4xL_1}{\sqrt{d}xh}\right) + K_1x\frac{L_1}{\sqrt{A}} - K_2\right) \qquad \textbf{Ecuación N°5.28}$$

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi xnxL_2}x\left(\ln\left(\frac{4xL_2}{r}\right) - 1 + \frac{2xK_1xL_2}{\sqrt{A}}x\left(\sqrt{n} - 1\right)^2\right) \qquad \textbf{Ecuación N°5.29}$$

$$R_{12} = \frac{\rho}{\pi xL}x\left(\ln\left(\frac{2xL}{l}\right) + \frac{K_1xL}{\sqrt{A}} - K_2 + 1\right) \qquad \textbf{Ecuación N°5.30}$$

$$R = \frac{R_1xR_2xR_{12}^2}{R_1 + R_2 - 2xR_{12}} \qquad \textbf{Ecuación N°5.31}$$

Tabla 5.8: Resistencia de la malla a tierra del transformador utilizando el método de Schwarz.

Ancho de la malla (a) =	6 [m]
Largo de la malla (b) =	4 [m]
Area que cubre la malla (A) =	24 [m]
lineas paralelas en ancho a =	7
lineas paralelas en largo b =	5
Largo del conductor (L1) =	62 [m]
Sección del conductor (d)=	33,6 mm²
Profundidad de la malla (h) =	1,5 [m]
Número de electrodos (n) =	2
Largo del electrodo (L2) =	1,5
Diámetro de los electrodos (r) =	0,625 mm
Radio de los electrodos (r) =	0,00793 [m]
Resistividad equivalente del terreno (ρ) =	145,15 [Ωm]

Tabla 5.9: Resistencia de la malla a tierra.

K1=	0,660
k2=	2,772
R1=	9,989
R2=	43,872
R12=	8,192
R	9,902

Concluyendo de acuerdo con los cálculos anteriores la resistencia de la malla obtiene un valor de: 9,902 Ω.

5.3.6. Condiciones de seguridad

El objetivo primordial del diseño de una malla de puesta a tierra es garantizar la seguridad de las personas en las inmediaciones de instalaciones eléctricas durante condiciones de falla. Según lo establecido en el Pliego Técnico Normativo RIC N°06 (basado en IEEE Std 80), el sistema debe asegurar que las corrientes que puedan circular a través del cuerpo humano debido a diferencias de potencial en la superficie del terreno no excedan los umbrales de fibrilación ventricular.

El diseño de un sistema de puesta a tierra no se limita únicamente a obtener una resistencia óhmica baja; el objetivo fundamental es garantizar la seguridad de las personas mediante el control de los gradientes de potencial que se generan en la superficie del terreno durante la disipación de una corriente de falla.

Cuando una malla difunde una corriente de magnitud al terreno, se eleva el potencial de la red con respecto a tierra remota (GPR) y se generan perfiles de voltaje en la superficie. De acuerdo al RIC N°06, una persona situada dentro o cerca de la instalación puede quedar expuesta a diferencias de potencial peligrosas, clasificadas principalmente en dos tipos: Voltaje de Paso (Vp) y Voltaje de Contacto (Vc). Estos valores se obtienen de acuerdo con los siguientes cálculos:

$$V_p = \frac{K_s * K_i * P_e * I}{L} \text{ [Volts]} \qquad \textbf{Ecuación N°5.32}$$

$$V_m = \frac{K_m * K_i * P_e * I}{L} \text{ [Volts]} \qquad \textbf{Ecuación N°5.33}$$

Dónde:

V_p= Tensión de paso real en voltios.

V_c= Tensión de contacto real en voltios.

K_s= Coeficiente que tiene en cuenta, la influencia combinada de la profundidad y del espaciamiento de la malla.

K_m= Coeficiente que tiene en cuenta las características geométricas de la malla.

P_e= Resistividad del suelo (Ω-m).

I= Corriente máxima de falla (Amp).

L= Longitud total del conductor (m).

Determinación de los coeficientes km, ki, ks.

$$K_m = \left(\frac{1}{2*\pi}\right) * \left[\ln\left(\frac{D^2}{16*h*d}\right) + \left(\frac{1}{\pi}\right) * \ln\left(\left(\frac{3}{2}\right) * \left(\frac{5}{6}\right) * \ldots\ldots\ldots * \left(\frac{(2*n-3)}{(2*(n-1))}\right)\right)\right] \quad \textbf{Ec. N°5.34}$$

$$K_i = 0{,}65 + 0{,}172 * n \quad n \leq 7 \qquad K_i = 2 \quad n \geq 7 \qquad \textbf{Ec. N°5.35}$$

$$K_s = \left(\left(\frac{1}{\pi}\right) * \left[\left(\frac{1}{2*h}\right) + \left(\frac{1}{D+h}\right) + \left(\frac{1}{2*D}\right) + \left(\frac{1}{3*D}\right) + \ldots\ldots + \left(\frac{1}{(n-1)*D}\right)\right]\right) \quad \textbf{Ec. N°5.36}$$

Donde:

a= Longitud de la malla (m).

b= Ancho de la malla(m).

L= Longitud total del conductor (m).

n= Número de conductores en paralelo de longitud a.

m= Número de conductores en paralelo de longitud b.

D= Espaciamiento entre conductores (m) que cortan el lado de largo “a”.

h= Profundidad de enterramiento (m).

d= Diámetro del conductor(m).

Estos voltajes presentes en la superficie del terreno, sobre una malla de tierra que difunde una corriente de falla, no deben superar en ningún caso, los voltajes tolerables por el cuerpo humano. La Guía Nº 80 de IEEE define la máxima diferencia de potencial a que puede ser sometido el cuerpo humano, en base a los posibles puntos de contacto. Cálculo de voltajes:

- Máximo voltaje de paso tolerable:

$$V_p = \left(\frac{116+0,696*c*p_s}{\sqrt{t}}\right) \text{[Volts]} \qquad \textbf{Ecuación N°5.37}$$

- Máximo voltaje de contacto tolerable:

$$V_c = \left(\frac{116+0,174*c*p_s}{\sqrt{t}}\right) \text{[Volts]} \qquad \textbf{Ecuación N°5.38}$$

ρs [Ω-mt]: resistividad de la capa superficial.

t [seg]: tiempo global de exposición, hasta el despeje de la falla.

c: factor de corrección debido a la presencia de la capa superficial resistiva. (En la práctica se estima c=1)

Tabla 5.10 Calculo voltajes de contacto y de paso de las mallas de puesta a tierra.

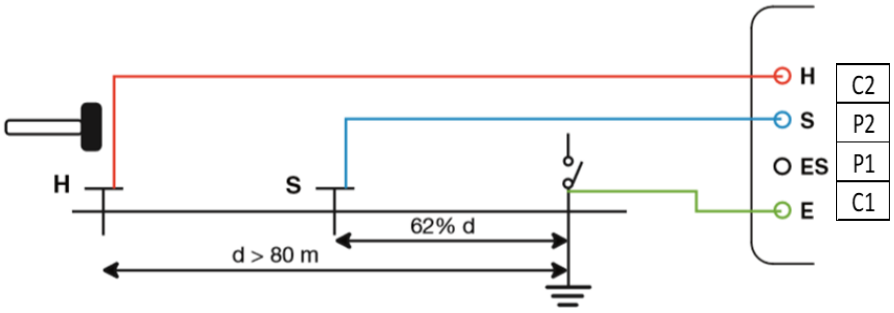
Vc máx =	1426,6 [v]
Vp máx =	4928,3 [v]
Ki =	1,854
Km =	0,25437
Ks =	0,69498
Vc =	1324,97 [v]
Vp =	3619,88 [v]

"En toda instalación de transformadores de media tensión, se deberá asegurar que en ninguna circunstancia se sobrepasarán los límites de tensión de paso y de contacto tolerables." (Pliego Técnico Normativo RIC N° 06, 2021, Anexo 6.1, pto. 4).

5.3.7. Procedimiento de la medición

El método para realizar las mediciones de la resistencia de la malla a tierra es el procedimiento de la IEEE "Proceeding of the IEEE" o el método del 62% donde adicionalmente se realizó un tratamiento con sal geo eléctrica en la zona donde se ubican las mallas.

Figura 5.11 Conexionado para la aplicación del método del 62%



5.3.8. Pasos del procedimiento de medición.

- Aislar la malla a tierra del resto del sistema.
- Calcular la diagonal de malla (D).
- Ubicar el electrodo de corriente C2 del instrumento, a una distancia igual a 6,5 veces el valor D. Dejar fijo este electrodo.
- Conectar los terminales P1 y C1 del instrumento, directamente a la malla a tierra.
- Ubicar el electrodo P2 del instrumento, a una distancia igual al 52% del valor 6,5 veces D; medir y registrar la medida.
- Ubicar el electrodo P2 del instrumento, a una distancia igual al 61,8% del valor 6,5 veces D; medir y registrar la medida.
- Ubicar el electrodo P2 del instrumento, a una distancia igual al 72% del valor 6,5 veces D; medir y registrar la medida.
- Calcular la resistencia de la puesta a tierra como el valor medio de los registros de los pasos e, f y g.

5.3.9. Medición de las mallas a tierra

Se debe realizar las mediciones de las puestas a tierras que poseen una dimensión de 6 x 4 las cuales fueron construidas con cable N°2 AWG, una puesta a tierra desde la

base del poste del transformador y otra para la instalación interior. Esto es para corroborar los datos anteriormente expuestos.

5.3.10. Resultados

De acuerdo con las mediciones realizadas, el diseño de la malla a tierra, cumplen con lo indicado en la normativa. Adicionalmente, las 2 mallas a tierras se encuentran unidas para así garantizar una óptima resistencia en la puesta a tierra. Se verifica que la puesta a tierra diseñada cumple con el valor de resistencia determinado por la norma al ser este menor que 20 [Ω]. El equipo compacto de medida se conecta a la malla a tierra junto al transformador. Además, cumple la condición de no superar los voltajes máximos de seguridad de la malla de puesta a tierra.

5.4 Puesta en servicios

Para la puesta en servicio de la instalación eléctrica del proyecto, está debe cumple con el pliego técnico RIC N.º 19. En estos puntos se describen los pasos a seguir realizados para la puesta en servicio de la instalación del proyecto. La fase de verificación inicial es obligatoria antes de declarar la instalación del proyecto ante la Superintendencia de electricidad y combustible (SEC).

“Toda instalación de consumo de energía eléctrica nueva, ampliación o remodelación debe ser verificada mediante inspección, y probada y ensayada antes de su puesta en servicio o energización, con el objetivo de asegurar que los requerimientos de los pliegos técnicos que conforman del DS N°8, del Ministerio de Energía se cumplan.” (Pliego Técnico Normativo RIC N° 19, 2021, pto. 5.1).

Todas las verificaciones deberán ser realizadas por un instalador eléctrico autorizado por la Superintendencia.

5.4.1. Verificaciones visuales

La inspección inicial deberá preceder a las pruebas y ensayos y se efectuará antes de alimentar eléctricamente la instalación. Según la normativa del pliego técnico N.º 19 la inspección se debe realizar para constatar que:

- El proyecto de la instalación cumple con lo indicado en el presente reglamento y sus respectivos pliegos técnicos, en las partes aplicables.
- Los materiales, aparatos, artefactos, equipos y accesorios, que forman parte de la instalación fija, se han elegido e instalado correctamente conforme a las disposiciones de este reglamento, sus respectivos pliegos técnicos y las instrucciones del fabricante.
- Los materiales, aparatos, artefactos, equipos y accesorios, que forman parte de la instalación fija, instalados cumplen con las certificaciones o autorizaciones exigidas en la normativa vigente.
- Fichas técnicas de los equipos y productos, y las instrucciones de instalación emitidas por los fabricantes, con lo instalado en terreno y con la normativa vigente.
- La inspección debe incluir, principalmente la comprobación de las siguientes condiciones:
- La presencia y correcta elección e instalación de todos los conductores de acuerdo a las corrientes admisibles, las caídas de tensión y aquellos que permiten el conexionado de todos los sistemas de puesta a tierra, de acuerdo con los antecedentes que son parte del proyecto.
- La presencia y correcta elección, instalación y regulación de todos los dispositivos de protección y control.
- La elección y uso de los equipos y de las medidas de protección apropiadas a las influencias externas o de medio ambiente tales como, clima, contaminación o polución del aire, altura, riesgo de explosión o exposición solar, etc.
- La correcta identificación de los conductores de neutro y de los conductores de protección, además de la identificación de circuitos y el etiquetado de conductores activos, de acuerdo con el código de colores y de acuerdo con el tipo de uso de los alimentadores y conductores (si corresponde a respaldo o emergencias).
- La correcta instalación y uso de dispositivos de seccionamiento unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar en los conductores de fase y neutro.
- La identificación de circuitos, dispositivos de protección, interruptores, bornes, barras de distribución, regletas de conexión, alimentadores, conductores.

5.4.2. Pruebas y Ensayos

Se debe realizar una serie de pruebas y ensayos a la instalación electricidad del proyecto con los instrumentos adecuados, ya que estos deberán basar sus métodos de pruebas y ensayos en conformidad con las normas IEC 61557, de la parte 1 a la 11 y la UNE-EN 60079-17.

Las pruebas y ensayos siguientes se deben realizar donde corresponde y en el siguiente orden:

- Continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias.
- Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica.
- Protección o desconexión automática de la alimentación.
- Protección complementaria.
- Ensayo de polaridad.
- Ensayo del orden de las fases.
- Caída de tensión.
- Pruebas de funcionalidad.

5.4.3. Continuidad de los conductores.

Se debe efectuar un ensayo de continuidad. Esta prueba se realizará con una fuente de tensión, de 4 V a 24 V en vacío, en corriente continua o alterna y con una intensidad mínima de 0,2 A. Un ensayo de continuidad eléctrica debe ser efectuado sobre los conductores de protección, incluidos los de la conexión equipotencial de protección y equipotencial suplementaria.

5.4.4. Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica.

La resistencia de aislamiento debe ser medida:

- Entre los conductores de fase.
- Entre los conductores de fase y el neutro, si lo hubiera.
- Entre los conductores de fase y el conductor de protección.
- Entre el conductor neutro, si lo hubiera, y el conductor de protección.

Tabla N°5.13 Valores mínimos de la resistencia de aislamiento

Tensión nominal del circuito (V)	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (M Ω)
Baja tensión de seguridad o Tensiones extra bajas (MBTS y MBTP)	250	≥ 0,25
Tensión hasta 500 V, excepto bajas tensiones de seguridad	500	≥ 0,5
Tensiones Superiores a 500 V	1000	≥ 1,0

Fuente: Tabla 19.1 en RIC N°19

"La resistencia de aislamiento, medida bajo la tensión de ensayo indicada en la tabla aplicada durante un minuto, se considera satisfactoria si cada circuito, con los aparatos desconectados, presenta una resistencia de aislamiento como mínimo igual al valor indicado en la tabla" (Pliego Técnico Normativo RIC N° 19, 2021, pto. 7.3.2).

En caso del proyecto es de una tensión hasta 500 v y las mediciones se deben efectuar en corriente continua, además el equipo de medición debe ser capaz de suministrar la tensión de ensayo especificada en la tabla con una corriente de 1 mA.

5.4.5. Verificación de la desconexión automática de la alimentación

La verificación de la eficacia de las medidas para la protección en contra del contacto indirecto por la desconexión automática de la alimentación para el esquema TN-S se debe verificar mediante:

- La medición de la impedancia de bucle de falla.
- Verificación de las características y/o de la eficacia de los dispositivos de protección asociados.

5.4.6. Medición de la resistencia de la puesta a tierra

La medición de la resistencia de la puesta a tierra debe ser realizada con corriente alterna y mediante un método adecuado. Esté valor debe ser tal que, cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a las permitidas.

5.4.7. Medición de la impedancia del bucle de falla

La medición de la impedancia del bucle de falla se debe realizar a la frecuencia nominal de la instalación. A continuación, se describe un método para la medición de la impedancia del bucle de falla.

Para el esquema TN-S, se debe medir la impedancia de bucle de falla (Zs) esta debe ser lo suficientemente baja para permitir que las posibles corrientes de defecto puedan causar la operación de los dispositivos de protección en caso de defecto. Pasos para realizar la medición:

a) Efectuar una prueba de continuidad eléctrica.
b) Identificar el tipo de esquema de distribución de la instalación.
c) Realizar la medición con el instrumento probador de instalaciones eléctricas, certificado para realizar este tipo de prueba.
d) Realizar esta medición en la última toma de corriente de cada circuito y verificar que dichos circuitos están protegidos por dispositivos correspondientes, de acuerdo con la tabla 5.14.

Las impedancias individuales que forman parte de la impedancia de bucle de falla en un sistema TN-S se encuentran expresadas en la siguiente ecuación:

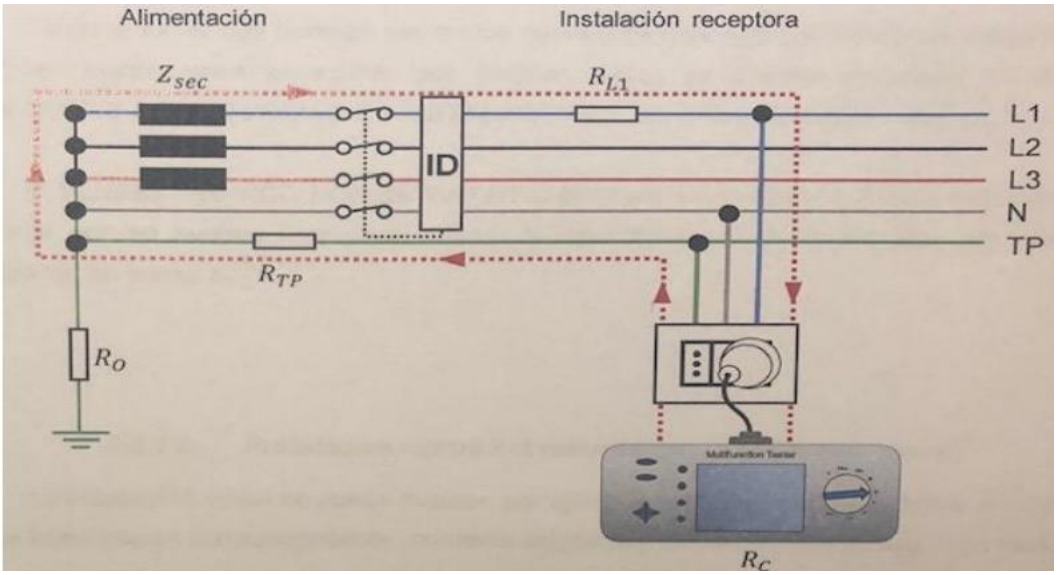
$$Z_s[\Omega] = R_{L1} + R_C + R_{TP} + Z_{SEC} \qquad \textbf{Ecuación 5.29}$$

Dónde:

- ZS: Es la suma total de impedancia que contiene el sistema dentro del circuito medido pasando por el secundario del transformador, denominada Impedancia de bucle de defecto.
- ZSEC: Impedancia del secundario del transformador.
- RL1: Resistencia del conductor de fase entre el transformador y la toma de corriente donde se hace la prueba.
- RC: Resistencia del instrumento de medida.
- RTP: Resistencia del conductor de tierra de protección.

- RO: Resistencia del electrodo a puesta a tierra del transformador.

Figura 5.12 Medición de impedancia de bucle de falla en esquema TN-S.



Fuente: Tabla N°19.2.4 en el anexo 19.2 del RIC N°19

La siguiente tabla muestra los valores máximos permitidos de impedancia de bucle en instalaciones con tensión nominal VL-N= 220 V (voltaje línea neutro), protegida por interruptores magnéticos tipos B, C y D.

Tabla N°5.14 ZS máximo para interruptores magnetotérmicos tipo B, C y D.

Corriente nominal del dispositivo de protección (A)	Interruptor magnetotérmico tipo B		Interruptor magnetotérmico tipo C		Interruptor magnetotérmico tipo D	
	Ia= 5 * In (A)	Zs (Ω) (0,2s)	Ia= 10* In (A)	Zs (Ω) (0,2s)	Ia= 20 * In (A)	Zs (Ω) (0,2s)
2	10	22	20	11	40	5,5
4	20	11	40	5,5	80	2,8
6	30	7,3	60	3,65	120	1,83
10	50	4,4	100	2,2	200	1,1
16	80	2,8	160	1,4	320	0,7
20	100	2,2	200	1,1	400	0,55
25	125	1,8	250	0,9	500	0,45
32	160	1,4	320	0,7	640	0,34
35	175	1,3	350	0,65	700	0,31
40	200	1,1	400	0,55	800	0,27
50	250	0,9	500	0,45	1000	0,22
63	315	0,7	630	0,35	1260	0,17

Fuente: Tabla N°19.2.1 en el anexo 19.2 del RIC N°19

5.4.8. Verificación del funcionamiento de los protectores diferenciales

Se verifica el funcionamiento de los protectores diferenciales mediante un instrumento de medición que cumpla con los requerimientos de la norma IEC 61557-6.

5.4.9. Ensayo de polaridad

Cuando las exigencias prohíben la instalación de dispositivos de corte unipolar sobre el conductor neutro, se debe efectuar un ensayo de polaridad para verificar que tales dispositivos están conectados únicamente al o a los conductores de fase.

5.4.10. Comprobación del orden de fases

En el caso de circuitos polifásicos, debe verificarse que se respeta el orden de las fases, mediante un instrumento de medición que cumpla con los requerimientos de la norma IEC 61557-7.

5.4.11. Caída de tensión (voltaje de perdida).

Se efectuarán medidas de tensión en distintos puntos del sistema eléctrico, con el objetivo de dar cumplimiento a no sobrepasar el 3% de la tensión nominal.

5.4.12. Pruebas de funcionalidad

Los conjuntos, tales como equipos, motores, mecanismos de comando, enclavamientos, sistemas de monitoreo y/o control, deben estar sometidos a un ensayo funcional, con el fin de verificar que están correctamente instalados. Los dispositivos de protección deben ser sometidos a ensayos funcionales, si fuera necesario, con el fin de verificar que están correctamente instalados y regulados.

5.4.13. Verificación Inicial

La verificación inicial comprenderá una revisión documental del proyecto de instalación de consumo, y una inspección, pruebas y ensayos tal como se indica en los puntos anteriores, así como comprobar que la instalación cumple con el proyecto eléctrico declarado.

CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto permitió diseñar integralmente la instalación de almacenamiento de productos bentónicos refrigerados, considerando una superficie de 1.019 m^2 con una potencia total instalada de 60,62 kW, el diseño contemplo con éxito los sistemas de refrigeración y congelación, circuitos de alumbrado en interiores y exteriores, tableros eléctricos e instalación de un transformador de 100 kVA, con sus respectivas mallas de tierra.

Se asegura que cada etapa del diseño cumpliera con los requisitos técnicos y de seguridad establecidos, garantizando la integridad de la instalación y la continuidad operacional del recinto, Asimismo, el levantamiento de cargas, dimensionamiento de conductores, la verificación de caída de tensión y la selección de protecciones asegurando un sistema confiable, selectivo y adecuado para los equipos contemplados.

El estudio lumínico mediante el software DIALux EVO permitió evaluar y proyectar niveles de iluminancia, uniformidad, deslumbramiento y reproducción cromática en todas las áreas del proyecto, verificando el cumplimiento de los valores exigidos de acuerdo con el pliego técnico RIC N°10, con ello asegurando condiciones óptimas de visibilidad, seguridad y confort para las labores operativas y de tránsito.

En materia de seguridad eléctrica, el estudio de resistividad del suelo y el diseño de dos mallas de puesta a tierra, permitieron obtener valores de resistencia, tensiones de paso y contacto dentro de los límites establecidos por el RIC 06. Esto garantiza una operación segura frente a posibles fallas.

En conjunto, se concluye que la instalación eléctrica diseñada cumple con los criterios técnicos, normativos y operativos basados en el D.S N°8/2019 Y D.S N°1/2023 para el funcionamiento de la instalación del almacenamiento de productos bentónicos refrigerados, reduciendo significativamente el riesgo de fallas eléctricas, garantizando la continuidad del proceso productivo. El proyecto constituye una solución integral, segura y eficiente para las necesidades energéticas de la instalación.

BIBLIOGRAFÍA

Colman Ortega, H. W. (2020). *Diseño de mallas de tierra de media y baja tensión en subestaciones de distribución.*

Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). (2002, 30 de diciembre). *UNE-EN 62262:2002.* Europa - Internacional: une.org. Obtenido de https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0048964

Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). (2018, 25 de abril). *UNE-EN 60529:2018.* Europa - Internacional: une.org. Obtenido de https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060015

Dinmedia. (1974, 1 de febrero). *DIN 5035-3:1974-02.* Alemania - Internacional: dinmedia.de. Obtenido de https://www.dinmedia.de/en/standard/din-5035-3/1460164

Disano Illuminazione. (s.f.). *1205 Polar*. Obtenido de disano.it: https://www.disano.it/es/cat/disano/10508-amenities/42734-1205-polar/

Disano Illuminazione. (s.f.). *1879 Portofino - medium*. Obtenido de disano.it: https://www.disano.it/en/cat/disano/10507-residential/33288-1879-portofino---medium/

Disano Illuminazione. (s.f.). *841 Minicomfort LED x4 - UGR<16*. Obtenido de disano.it: https://www.disano.it/es/cat/disano/10502-para-empotrar/34514-841-minicomfort-led-x4---ugr16/

Disano Illuminazione. (s.f.). *927 Echo - bilámpara LED - Energy Saving*. Obtenido de disano.it: https://www.disano.it/es/cat/disano/10504-waterproof/46613-927-echo---bil%C3%A1mpara-led---energy-saving/

Disano Illuminazione. (s.f.). *983 Forma LED - sin ganchos, para la industria alimentaria*. Obtenido de disano.it: https://www.disano.it/es/cat/disano/10504-pantallas-estancas/43511-983-forma-led---sin-ganchos-para-la-industria-alimentaria/

EfectoLED. (29 de Diciembre de 2022). *Lumen y Lux, ¿qué son?* Obtenido de efectoled.com: https://www.efectoled.com/blog/es/lumen-y-lux-que-son/

Grupo Zumtobel. (s.f.). *AMP L LT 4600-840 PC WB IVG*. Obtenido de zumtobel.com: https://www.zumtobel.com/es-es/products/product_popup.html?42186397

Grupo Zumtobel. (s.f.). *AMP S BAS 2900-840 PC WB EVG*. Obtenido de zumtobel.com: https://www.zumtobel.com/es-es/products/product_popup.html?42186388

Highlumen. (26 de Noviembre de 2024). *CRI: Una guía para entender su importancia en iluminación*. Obtenido de highlumen.com: https://highlumen.com/cri-una-guia-para-entender-su-importancia-en-iluminacion/

Ing.Pérez. (Abril de 2023). *Método Schlumberger para medición de resistividad*. Obtenido de ingenieriaelectrica.online: https://www.ingenieriaelectrica.online/metodo-schlumberger-medicion-resistividad/

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2012, 5 de diciembre). *IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a*

Grounding System (IEEE 81-2012). Internacional. Obtenido de https://standards.ieee.org/ieee/81/4889/

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2013, 3 de mayo). *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding (IEEE 80-2013).* Internacional. Obtenido de https://standards.ieee.org/ieee/80/4089/

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). (2020, 24 de nobriembre). *IEEE Standard for General Requirements for Dry-Type Distribution and Power Transformers (IEEE C57.12.01-2020).* Internacional.

Logos Lighting Co. (6 de Diciembre de 2024). *¿Qué es el factor de mantenimiento en la iluminación?* Obtenido de logoslighting.com: https://logoslighting.com/es/blog/what-is-maintenance-factor-in-lighting/

Ministerio de Energía. (2020, 5 de marzo). *Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica.* Chile: Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. Obtenido de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1143069

Ministerio de Salud. (1997, 13 de mayo). *Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA).* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2020, 30 de diciembre). *Pliego Técnico RIC N°10 Instalaciones de uso general.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/01/RIC-N10-Instalaciones-de-uso-general.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2020, 30 de diciembre). *Pliego Técnico RIC N°13 Subestaciones y Salas eléctricas.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/01/RIC-N13-Subestaciones-y-Salas-Electricas.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 11 de julio). *Pliego Técnico RIC N°01: Empalmes.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/01/RIC-N01-Empalmes.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico Normativo RIC N°03: Alimentadores y demanda de una instalación.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/03/RIC-N03-Alimentadores-y-demanda-de-una-instalacion-V1.1-1.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico Normativo RIC N°04 Conductores, materiales y sistemas de canalización.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/01/RIC-N04-Conductores-y-Canalizaciones.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico Normativo RIC N°07: Instalaciones de equipos.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/03/RIC-N07-Instalaciones-de-Equipos-V1.1-1.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico Normativo RIC N°08: Sistemas de emergencia.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/01/RIC-N08-Sistemas-de-Emergencia.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico Normativo RIC N°18: Presentación de proyectos.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/01/RIC-N18-Presentacion-de-Proyectos.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico Normativo RIC N°19: Puesta en servicio.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/06/RIC-N19-Puesta-en-Servicio-080621.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico RIC N°02: Tableros eléctricos.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/06/RIC-N02-Tableros-Electricos-170621-2.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico RIC N°05: Medidas de protección contra tensiones peligrosas.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2021/01/RIC-N05-Medidas-de-Proteccion-Contra-Tensiones-Peligrosas.pdf

Superintendencia de Electricidad y Combustibles - SEC. (2021, 12 de julio). *Pliego Técnico RIC N°06: Puesta a Tierra y Enlace Equipotencial.* Chile: Diario Oficial. Obtenido de https://www.sec.cl/sitio-web/wp-content/uploads/2020/09/Pliego-T%C3%A9cnico-Normativo-RPTD-N%C2%B006-Puesta-a-tierra.pdf

Unión Europea (Comité Técnico CEN/TC 169). (2021, 25 de agosto). *UNE-EN 12464-1:2022.* Europa - Internacional. Obtenido de https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0068596

Unión Europea (Comité Técnico CEN/TC 169). (2016, 5 de octubre). *UNE-EN 12464-2:2016.* Europa - Internacional. Obtenido de https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057191

Yoigo LUZ y GAS. (30 de Junio de 2025). *Qué es un telurómetro y para qué sirve este aparato*. Obtenido de yoigoluzygas.com: https://www.yoigoluzygas.com/blog/que-es-un-telurometro-y-para-que-sirve-este-aparato/