



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DE SALA DE
CONTROL MONITOREO EN MINERA PUCOBRE, PLANTA SAN
JOSÉ**

Cinthia Elizabeth Durán Durán
Natalia Carolina Andana Toro

Copiapó, Chile 2025



UNIVERSIDAD
DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

**PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA DE SALA DE
CONTROL MONITOREO EN MINERA PUCOBRE, PLANTA SAN
JOSÉ**

Proyecto de titulación presentado en conformidad a los requisitos para
obtener el título de Ingeniero de Ejecución en Electricidad

Profesor Guía: Juan Carlos Madrigal Lobos

Cinthia Elizabeth Durán Durán

Natalia Carolina Andana Toro

Copiapó, Chile 2025

DEDICATORIA

Hoy, al culminar este proceso tan importante, quiero dedicar estas palabras a las personas que han sido mi fuerza y apoyo a lo largo de este camino. En primer lugar, a mi hijo mayor, Dustin, quiero agradecerte profundamente por todo lo que hiciste para que yo pudiera continuar con mis estudios. Tu responsabilidad y madurez al encargarte de tus hermanos pequeños mientras yo me dedicaba a la universidad fueron invaluableles. Gracias por estar siempre dispuesto a apoyar y por ser un ejemplo de esfuerzo y dedicación para tus hermanos. Tu amor y tu comprensión me permitieron concentrarme en mis metas y seguir adelante sin preocupaciones.

A mis hijos menores, Benjamín y Emily, les debo un agradecimiento muy especial. Gracias por su paciencia, por esperar a que terminara mis estudios y por comprender que, aunque no siempre estaba tan presente como quería, mi esfuerzo era por su futuro. Ustedes me dieron la fuerza para continuar, su amor incondicional fue mi motor durante los momentos más difíciles.

A todos ustedes, gracias por ser la razón por la que pude seguir, por no haberme dejado caer, por ser mi soporte emocional y por darme la fuerza para superar los obstáculos. Sin su apoyo incondicional, este logro no habría sido posible.

Cinthia Elizabeth Durán Durán

DEDICATORIA

A ti, mi querido esposo, quiero dedicarte este agradecimiento especial. Tu apoyo constante, tu comprensión y tu confianza en mí han sido el pilar fundamental que me ha permitido superar cada reto durante este proceso. Gracias por estar siempre a mi lado, por tu amor incondicional, por tu paciencia y por ser mi fuente de fortaleza en los momentos de duda y dificultad. Tu presencia en mi vida me dio la tranquilidad y el empuje necesario para continuar avanzando.

No puedo imaginar haber llegado hasta aquí sin tu apoyo incansable. Gracias por ser mi compañero, por estar siempre dispuesto a ayudarme, por creer en mí cuando yo misma no lo hacía. Sin ti, este logro no habría sido posible.

Agradezco profundamente a mi familia y amigos por su constante aliento, comprensión y apoyo durante todo este tiempo. Ustedes fueron mi refugio, mi sostén emocional, y su cariño me permitió seguir adelante. También quiero hacer un agradecimiento muy especial a Issy y Kuki, quienes, con su amor incondicional y su compañía, me brindaron momentos de paz y alegría en medio de los desafíos. Su presencia fue un consuelo constante y me dio fuerzas para seguir luchando.

Gracias a todos por estar a mi lado y por ser parte esencial de este logro. Sin su amor y apoyo, nada de esto hubiera sido posible. Con todo mi corazón, les agradezco por ser parte fundamental de mi vida y de este hermoso proceso.

Natalia Carolina Andana Toro

RESUMEN

En la planta San José de Minera Pucobre, la antigua sala de control presentaba deficiencias tanto en tecnología como en condiciones ergonómicas, lo que generaba un entorno laboral poco eficiente y perjudicial para la salud de los trabajadores. La falta de ergonomía en el mobiliario y la infraestructura, junto con sistemas obsoletos, provocaba fatiga, estrés y dificultades en la toma de decisiones operativas. En respuesta a esta situación, se llevó a cabo una modernización integral de la sala de monitoreo, que abordó simultáneamente aspectos de confort y eficiencia operativa. El proyecto incluyó la renovación de equipos tecnológicos, la integración de sistemas avanzados de control y monitoreo, así como el rediseño del espacio considerando criterios ergonómicos. Se mejoraron servicios básicos como iluminación, climatización, sanitarios y cocina, generando un ambiente más saludable y funcional. Paralelamente, se optimizaron los procedimientos operativos: se amplió el tiempo de cambio de turno de 3 a 20 minutos, se fortaleció la supervisión con presencia constante de jefaturas, y se eliminaron tareas burocráticas innecesarias, incrementando la productividad. La combinación de un entorno físico mejorado y un sistema operativo más eficiente permitió reducir significativamente el estrés laboral, aumentar la capacidad de respuesta ante contingencias, y elevar la calidad del trabajo en la sala de control. Este enfoque integral demuestra cómo la ergonomía y el buen diseño organizacional pueden trabajar en conjunto para mejorar el bienestar de los trabajadores y la eficiencia de las operaciones.

SALA DE CONTROL – ELECTRICIDAD - ERGONOMÍA

ABSTRACT

At the San José plant of Minera Pucobre, the former control room exhibited deficiencies in both technology and ergonomic conditions, resulting in a work environment that was inefficient and harmful to employees' health. The lack of ergonomic design in furniture and infrastructure, combined with outdated systems, led to fatigue, stress, and difficulties in operational decision-making. To address these issues, a comprehensive modernization of the monitoring room was carried out, simultaneously tackling comfort and operational efficiency. The project involved upgrading technological equipment, integrating advanced control and monitoring systems, and redesigning the space with ergonomic principles in mind. Improvements were made to basic services such as lighting, air conditioning, restrooms, and kitchen facilities, creating a healthier and more functional environment. At the same time, operational procedures were optimized: shift changeover time was extended from 3 to 20 minutes, supervision was strengthened with the constant presence of shift leaders, and unnecessary bureaucratic tasks were eliminated, boosting productivity. The combination of an improved physical environment and a more efficient operational system significantly reduced work-related stress, increased responsiveness to emergencies, and enhanced the quality of work in the control room. This integrated approach demonstrates how ergonomics and sound organizational design can work together to improve both worker well-being and operational performance.

CONTROL ROOM – ELECTRICITY – ERGONOMICS

INDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Síntesis del proyecto	2
1.2 Objetivo general	2
1.3 Objetivos específicos	3
1.4 Alcances	3
1.5 Metodología	4
1.5.1 Revisión de literatura y normativas	4
1.5.2 Diagnóstico de ergonomía y tecnología actual.	5
1.5.3 Definición de requerimientos ergonómicos y tecnológicos	5
1.5.4 Selección de tecnologías y equipamientos ergonómicos	5
1.5.5 Diseño y planificación de la implementación	5
1.5.6 Implementación y pruebas piloto	6
1.5.7 Capacitación y evaluación continua	6
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 Cambio de ubicación	7
2.2 Importancia de la sala de control de chancado ergonómica y control de procesos	7
2.3 Consideraciones para el cambio de ubicación de la sala de control	8
2.4 El proceso del chancado	9
2.5 Importancia de la sala eléctrica en el chancador primario	10
2.6 Consideraciones para el cambio de ubicación de la sala eléctrica	10
2.7 Sala de control	11
2.7.1 Controladores de automatización	12
2.7.2 Sistemas de monitoreo en tiempo real	12
2.7.3 Visualización y alarmas	12
2.7.4 Comunicación y coordinación	13
2.8 Importancia de la ergonomía	13
2.9 Tecnología y sistema	14

2.9.1 Automatización	14
2.9.2 Instrumentación	14
2.9.3 Sistemas de supervisión y control	14
2.9.4 Sistemas de seguridad	14
2.10 PLC	15
2.10.1 Funcionamiento de un PLC	15
CAPÍTULO III	16
SALA DE CONTROL ACTUAL	16
3.1 Sala de control actual	16
3.2 Ubicación inicial sala de control.	16
3.3 Centralización de comunicaciones	17
3.4 Crecimiento de la planta	18
3.5 Limitaciones de la sala actual	18
3.6 Ubicación nueva de sala de control.	19
CAPÍTULO IV	20
EQUIPOS PARA NUEVA SALA DE CONTROL	20
4.1 Modificación sobre estructuras de supervisión de monitoreos	20
4.2 Unidad de respaldo para sala de control nueva	25
4.3 Método de aplicación	26
4.4 Sistema de intercomunicación y buscapersonas	32
4.5 Cálculos eléctricos	34
4.5.1 Demanda eléctrica	34
4.5.2 Cálculos técnicos	35
4.5.3 Cálculo de corriente monofásica por circuito	36
4.5.4 Selección de conductores y canalizaciones.	37
4.5.5 Caída de tensión	40
4.6 Tablero eléctrico general	41
4.7 Propuesta de mejora Tablero de protección interno en sala eléctrica de control e iluminación interior sala de control.	43
4.8 Lista de coordenadas de luminarias	49
CAPÍTULO V	50
HABILITACIÓN DE LA NUEVA SALA DE CONTROL	50

5.1 Necesario para realizar la habilitación	50
5.2 Protocolos de comunicación integrados y utilizados	51
CAPÍTULO VI	53
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	53
6.1 Indicadores de mejora	53
6.2 ¿Qué se mejoró y cómo ayudó?	55
6.3 Costos de implementación	56
CAPÍTULO VII	57
CONCLUSIONES	57
GLOSARIO	60
BIBLIOGRAFIA	62

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 3.1: Sala antigua.....	16
Figura N° 3.2: Tableros PLC y sala de control.....	17
Figura N° 3.3: Pantallas y lugar de supervisión.....	17
Figura N° 3.4: Espacio con limitaciones.....	18
Figura N° 3.5: ubicación Tramo S/E a Sala de control.....	19
Figura N° 4.1: Barras horizontales.....	20
Figura N° 4.2 Bloqueo con AISLAPOL.....	21
Figura N° 4.3: Melamina gris.....	21
Figura N° 4.4: Aire acondicionado.....	22
Figura N°4.5: Finalizando el proyecto de montaje.....	22
Figura N° 4.6: Diseño de estructuras.....	23
Figura N° 4.7: Mapa conceptual.....	24
Figura N° 4.8: Black rt series online ups.....	25
Figura N° 4.9: Diagrama de método de aplicación.....	26
Figura N°4.10: Unidad de respaldo en generación.....	29
Figura N° 4.11: Equipo estaciones auriculares remoto.....	32
Figura N° 4.12: Diagrama típico de comunicación.....	33
Figura N° 4.13: Transformador Rhona 400 KVA.....	34
Figura N° 4.14: Cuadro de carga eléctrico.....	35
Figura N° 4.15: Longitud entre transformador y sala de control.....	37
Figura N° 4.16: Distribución de tablero general.....	41
Figura N° 4.17: Esquema unilineal tablero trifásico general CIOP.....	42
Figura N° 4.18: Plano unilineal propuesta tablero protección.....	44
Figura N° 4.19: Plano unilineal trifásico propuesta tablero protección.....	45
Figura N° 4.20: Fotometría de iluminación.....	46
Figura N° 4.21: Planos de iluminación para oficina.....	48
Figura N° 5.1: Nueva sala de control.....	50
Figura N° 5.2: Grafico de resultados.....	54

INDICE TABLAS

Tabla N° 4.1: Características de UPS.....	27
Tabla N° 4.1: Características de UPS (Continuación).	28
Tabla N° 4.2: Características del generador.....	30
Tabla N°4.3: Ficha técnica generador	31
Tabla N° 4.4: Tabla de selección de cables tendido fijo.	39
Tabla N° 4.5: Tabla detalle tablero protección.	44
Tabla N° 4.6: Tabla de coordenadas.....	49
Tabla N° 6.1: Tablas demostrativas de mejora en base a KPI Eficiencia y Producción.	53
Tabla N° 6.2: Tabla de indicadores de desempeño	54
Tabla N° 6.3: Costos.....	56

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En el mundo de la industria y la tecnología, la evolución es una constante. A medida que los años avanzan, los procesos, sistemas y equipos que alguna vez fueron vanguardia se vuelven obsoletos, dando paso a nuevas y más formas de operar. Tal es el caso de la sala de control, que en las últimas dos décadas han desempeñado un papel fundamental en la gestión de procesos de la planta.

Hace veinte años, cuando estas salas de control fueron diseñadas e implementadas, la tecnología disponible en ese momento era limitada en comparación con la actualidad. En aquel entonces, la idea de unificar todos los sistemas en un solo lugar geográfico parecía un sueño lejano, y las soluciones tecnológicas para lograrlo estaban fuera de alcance.

Inicialmente, la ubicación de la sala de control compartía con racks del PLC y las computadoras esto fue debido al tamaño reducido de la sala y la poca coordinación de los procesos. Sin embargo, a medida que la planta creció y se expandieron los sistemas, se requería mayor control, por lo tanto, se necesitaba una gran capacidad de equipos electrónicos, como por ejemplo pantallas led, periféricos y servidores.

El desafío se basa en tener a el jefe de turno en un lugar donde se pudiera supervisar de manera más eficiente. Además, con la expansión de la planta, la sala de control original se volvió pequeña para capacidad de pantallas y equipos necesarios para operar.

En este informe, se verá en detalle cómo el cambio beneficiará a la planta, aumentando la coordinación, mejorando la visibilidad de los sistemas y brindando a los operadores las herramientas más avanzadas para tomar decisiones.

1.1 Síntesis del proyecto

La actualización incluirá la implementación de sistemas ergonómicos avanzados, como paneles de control ajustables en altura, dispositivos de visualización con tecnología antirreflejo e interfaces de usuario intuitivas. Además, se considerará la optimización de la disposición de equipos y mobiliario para reducir la tensión física y mental durante las operaciones de monitoreo

En términos de normativas eléctricas de Chile, se seguirán las disposiciones de la Ley General de Servicios Eléctricos (Ley N° 20.018) y el Reglamento de Seguridad para Instalaciones Eléctricas (DS N° 132), que establecen los estándares de seguridad y calidad para las instalaciones eléctricas en el país.

Se enfatizará en el cumplimiento de las normas de diseño ergonómico, como la norma ISO 9241, que establece los requisitos ergonómicos para el diseño de sistemas interactivos.

La ejecución de este proyecto no solo mejorará las condiciones de trabajo en la sala de monitoreo, sino que también promoverá la salud y el bienestar de los trabajadores, cumpliendo con las normativas eléctricas de Chile y las mejores prácticas en ergonomía laboral.

1.2 Objetivo general

Proponer la actualización tecnológica y ergonómica en la Sala de Control de Minera Pucobre, planta San José, con el propósito de unificar las salas de control existentes, optimizando así la coordinación de sistemas y recursos, mejorando la eficiencia operativa y proporcionando un entorno de trabajo ergonómico y seguro para el personal de control.

1.3 Objetivos específicos

- ✚ Describir la situación actual de las salas de control de Minera Pucobre, Planta San José, identificando sus limitaciones y áreas de mejora en términos de tecnología, ergonomía y eficiencia operativa.
- ✚ Determinar los equipos y tecnologías necesarios para habilitar una sala de control de procesos que supere las condiciones de la sala actual, considerando los requerimientos técnicos específicos de la planta y las mejores prácticas de la industria.
- ✚ Proponer un diseño para la habilitación de un edificio de supervisión que albergue una sala de control de procesos, garantizando condiciones ambientales óptimas, tecnología de vanguardia y un entorno ergonómico que promueva la eficiencia y el bienestar del personal de control.
- ✚ Se analiza los resultados de la propuesta de actualización tecnológica y ergonómica de la sala de control, evaluando su impacto en la eficiencia operativa, la coordinación de sistemas, la seguridad y el confort de los operadores, y presentar recomendaciones basadas en dicho análisis para su implementación efectiva.

1.4 Alcances

Este proyecto tiene como propósito dar soluciones innovadoras para la mejora ergonómica y gestión del sistema proceso minero. Además, busca sentar las bases para futuras mejoras en este campo, abriendo la importancia del bienestar para el trabajador.

No solo se trata de reducir tiempos operativos, sino también la mejora en la calidad del monitoreo del proceso de la planta, esto se traduce en menos interrupciones en la producción y menos tasas de fallas y accidentabilidad.

La reducción del tiempo que toma coordinar la producción en caso de fallas se optimiza gracias a los procesos de monitoreo y control en la sala. Esto es especialmente importante debido a las grandes distancias entre las distintas áreas, que generan demoras significativas y pérdida de tiempo en el traslado de un sitio a otro para realizar reparaciones o ajustes. Esta problemática es un área crítica donde el proyecto busca que los empleados se sientan más cómodos y seguros en su entorno laboral.

Con esta actualización, el objetivo es reducir las fallas y la tensión física que pueden experimentar durante largas jornadas de trabajo en la sala de control. Al mejorar esta situación se espera optimizar las operaciones diarias. Esto permitirá reducir el tiempo perdido por problemas técnicos y aumentar el tiempo disponible de los equipos, con la mejora en la calidad del monitoreo, se logrará un control más confiable de toda la planta. Esto se traduce en menos interrupciones en la producción.

Estos son algunos de los beneficios que se esperan lograr con esta actualización. La empresa está comprometida en mejorar tanto la eficiencia operativa como el bienestar de los empleados en la Minera Pucobre, Planta San José.

1.5 Metodología

1.5.1 Revisión de literatura y normativas

- ✚ Realizar una revisión de la literatura científica relacionada con la ergonomía en entornos eléctricos y la tecnología aplicada a salas de control.
- ✚ Analizar las normativas eléctricas de Chile, incluyendo la Ley General de Servicios Eléctricos y el Reglamento de Seguridad para Instalaciones Eléctricas, para identificar los requisitos pertinentes.

1.5.2 Diagnóstico de ergonomía y tecnología actual.

- ✚ Realizar evaluaciones ergonómicas en la sala de control de monitoreo para identificar áreas de mejora y riesgos asociados.
- ✚ Evaluar el estado actual de la tecnología utilizada en la sala de control, identificando posibles deficiencias o limitaciones.

1.5.3 Definición de requerimientos ergonómicos y tecnológicos

- ✚ Establecer los criterios ergonómicos necesarios para mejorar la comodidad, seguridad y eficiencia de los operadores en la sala de control.
- ✚ Definir los requerimientos tecnológicos para la actualización de equipos y sistemas de monitoreo, considerando la integración de dispositivos ergonómicos y tecnológicos.

1.5.4 Selección de tecnologías y equipamientos ergonómicos

- ✚ Investigar y seleccionar tecnologías avanzadas de monitoreo y control que cumplan con los requerimientos establecidos.
- ✚ Seleccionar equipos ergonómicos, como paneles de control ajustables en altura, sistemas antirreflejo para pantallas y dispositivos de control intuitivos.

1.5.5 Diseño y planificación de la implementación

- ✚ Diseñar un plan detallado para la implementación de las mejoras ergonómicas y tecnológicas en la sala de monitoreo.

- ✚ Establecer un cronograma de actividades, asignación de recursos y coordinación con los equipos de trabajo involucrados.

1.5.6 Implementación y pruebas piloto

- ✚ Instalar y configurar los nuevos equipos y sistemas tecnológicos en la sala de control, siguiendo las especificaciones del fabricante y las normativas vigentes.
- ✚ Realizar pruebas piloto para validar el funcionamiento de las mejoras ergonómicas y tecnológicas, ajustando según sea necesario.

1.5.7 Capacitación y evaluación continua

- ✚ Capacitar a los operadores en el uso adecuado de los nuevos equipos y sistemas tecnológicos, así como en las prácticas ergonómicas recomendadas.
- ✚ Realizar evaluaciones periódicas para monitorear el impacto de las mejoras en la ergonomía y la eficiencia operativa, realizando ajustes según sea necesario.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

La modificación geográfica de la sala de control. Desde un punto de vista teórico, se verán los puntos importantes sobre este cambio abarcando temas de importancia en la sala de control de chancado primario, considerando los procesos y definiendo conceptos asociados a ello.

2.1 Cambio de ubicación

Una sala de control en minería es un espacio diseñado específicamente para albergar equipos y sistemas electrónicos necesarios para el funcionamiento de una SCADA. Su principal función es proporcionar control y supervisión de manera segura y confiable a todas las operaciones. Es importante destacar que la sala de control debe ser operada y mantenida por personal capacitado, siguiendo los protocolos de seguridad establecidos.

El cambio de ubicación de la sala de control de chancado se basa en dar mayor control de procesos, esto involucra aspectos técnicos, ergonómicos y operativos importantes como la seguridad de los operadores y la optimización de la producción. es necesario cambiar la ubicación de la sala ya que para mejorar la ergonomía y el control de procesos.

2.2 Importancia de la sala de control de chancado ergonómica y control de procesos

La importancia de que la Sala de Control de Chancado sea ergonómica supone que los operadores pasan muchas horas en ese espacio, monitoreando y gestionando todo lo que sucede. Si el entorno no es cómodo, pueden sentirse fatigados o estresados, lo que afecta su rendimiento y bienestar. Un diseño ergonómico, que incluya asientos cómodos, pantallas a la altura adecuada y controles accesibles, puede hacer una gran diferencia. Esto no solo les ayuda a trabajar mejor, también reduce el riesgo de lesiones a largo plazo.

- ✚ **Control preciso:** La sala de control de chancado permite a los operadores supervisar y ajustar con precisión los parámetros de los equipos de chancado, lo que influye directamente en la calidad del producto final y la eficiencia del proceso.
- ✚ **Ergonomía:** Una sala de control ergonómica se traduce en un ambiente de trabajo más seguro y cómodo para los operadores, lo que reduce la fatiga y el riesgo de lesiones.
- ✚ **Automatización:** La sala de control también es esencial para la automatización de procesos, lo que puede aumentar la eficiencia y reducir la intervención humana en tareas repetitivas y peligrosas.

2.3 Consideraciones para el cambio de ubicación de la sala de control

- ✚ **Ergonomía y diseño:** La nueva ubicación de la sala debe ser evaluada desde una perspectiva ergonómica, considerando la disposición de los equipos de control, las estaciones de trabajo de los operadores y la visibilidad de los procesos.
- ✚ **Infraestructura eléctrica:** El diseño eléctrico de la nueva sala debe cumplir con las normativas y regulaciones aplicables, garantizando la disponibilidad de energía y la seguridad eléctrica.
- ✚ **Control de procesos:** La reubicación debe incluir una estrategia sólida de control de procesos que permita supervisar y optimizar las operaciones de chancado de manera eficiente.
- ✚ **Capacitación y entrenamiento:** Los operadores y el personal de mantenimiento deben recibir capacitación en el uso de la nueva sala de control y los sistemas asociados.
- ✚ **Seguridad y emergencias:** Se deben implementar sistemas de seguridad y procedimientos de respuesta a emergencias para garantizar la seguridad de los operadores en caso de fallos o situaciones críticas.

2.4 El proceso del chancado

El chancado es el proceso de reducción de tamaño de los minerales mediante la trituración de las rocas a tamaños más pequeños.

En la industria minera, el chancado es una etapa clave en el procesamiento de minerales, ya que permite obtener un material apto para su posterior tratamiento y extracción de los metales o minerales deseados.

El chancado se realiza mediante el uso de equipos como chancadoras o trituradoras, que se encargan de aplicar fuerza mecánica a las rocas para fracturarlas y reducir su tamaño.

Dependiendo del tipo de mineral y del tamaño de partícula requerido, se pueden utilizar diferentes tipos de chancadoras, como chancadoras de mandíbulas, chancadoras de cono, chancadoras de impacto, entre otras.

En el proceso de chancado, las rocas se alimentan a la chancadora y son sometidas a fuerzas de compresión, impacto o corte, dependiendo del tipo de chancadora utilizada. El objetivo es reducir el tamaño de las rocas a un tamaño adecuado para la siguiente etapa del proceso, que puede ser la molienda, la flotación u otros métodos de extracción de minerales.

Es importante destacar que el chancado puede incluir etapas de chancado primario, secundario y terciario, dependiendo de la naturaleza del mineral y el tamaño de reducción deseado. Además, el chancado puede ser realizado en seco o en húmedo, dependiendo de las características específicas del mineral y los requisitos del proceso de extracción.

2.5 Importancia de la sala eléctrica en el chancador primario

La sala eléctrica en el chancador primario es esencial porque suministra la energía necesaria para el funcionamiento del chancador y los equipos auxiliares, asegurando así un proceso continuo y eficiente. Su ubicación adecuada también es crucial para la seguridad de los trabajadores, protegiéndolos de riesgos.

Además, un suministro eléctrico confiable es fundamental para mantener la disponibilidad del chancador, lo que impacta directamente en la producción y los costos operativos.

- ✚ **Suministro de energía:** La sala eléctrica proporciona la energía necesaria para alimentar el chancador primario, los sistemas de control y los equipos auxiliares, garantizando un funcionamiento continuo y eficiente.
- ✚ **Seguridad:** Una ubicación adecuada de la sala eléctrica es esencial para garantizar la seguridad de los trabajadores y proteger los equipos de posibles riesgos como incendios, explosiones o inundaciones.
- ✚ **Disponibilidad:** La confiabilidad del suministro eléctrico está directamente relacionada con la disponibilidad del chancador primario, lo que afecta la producción y los costos operativos.

2.6 Consideraciones para el cambio de ubicación de la sala eléctrica

- ✚ **Evaluación de la nueva ubicación:** Antes de realizar el cambio de ubicación, se debe llevar a cabo una evaluación de la nueva ubicación propuesta. Esto incluye la disponibilidad de recursos, la distancia al chancador primario y otros equipos, así como la infraestructura de soporte.

- ✚ **Diseño eléctrico:** Se debe desarrollar un diseño eléctrico detallado que considere la capacidad requerida, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, así como la distribución de energía.

- ✚ **Normativas y regulaciones:** Cumplir con las normativas y regulaciones locales, regionales y nacionales es esencial para garantizar la seguridad y la legalidad del proyecto de cambio de ubicación.

- ✚ **Planificación y gestión de proyectos:** La planificación cuidadosa del proyecto, incluyendo la coordinación de los equipos de ingeniería y construcción, es fundamental para minimizar el tiempo de inactividad y los costos.

- ✚ **Mantenimiento y monitoreo continuo:** Después de la reubicación, se debe implementar un plan de mantenimiento y monitoreo continuo de la sala eléctrica para garantizar su funcionamiento confiable a lo largo del tiempo.

- ✚ **Tablero General CIOP:** Al cambiar la sala de control, el tablero general debe ser rediseñado o ajustado para adaptarse a la nueva distribución de cargas y distancias de cableado, ya que actúa como el punto central de distribución de energía.

2.7 Sala de control

Una sala de control de chancado es una instalación utilizada para supervisar y controlar el proceso de chancado de minerales en una planta de procesamiento.

Esta sala centraliza el monitoreo y control de los equipos y sistemas involucrados en el chancado, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro.

En la sala de control de chancado, se encuentran diferentes paneles de control, sistemas de visualización y herramientas tecnológicas que permiten a los operadores supervisar y controlar el proceso de chancado. Estos elementos pueden incluir:

2.7.1 Controladores de automatización

Se utilizan para programar y controlar los parámetros del proceso de chancado, como la velocidad de alimentación de las chancadoras, ajuste de la abertura de las mandíbulas o conos, y monitoreo de la carga de los equipos. Estos controladores permiten optimizar el proceso y garantizar un chancado eficiente.

2.7.2 Sistemas de monitoreo en tiempo real

Se utilizan sensores y medidores para obtener información en tiempo real sobre variables clave del proceso de chancado, como la capacidad de las chancadoras, la granulometría del material de alimentación y descarga, la temperatura de los equipos, entre otros. Estos sistemas proporcionan datos precisos para el control y seguimiento del proceso.

2.7.3 Visualización y alarmas

Se utilizan pantallas de visualización y sistemas de alarma para mostrar información relevante del proceso de chancado. Esto permite a los operadores tener una visión completa del estado de los equipos, detectar problemas o anomalías, y tomar decisiones rápidas para mantener la operación en condiciones óptimas.

2.7.4 Comunicación y coordinación

La sala de control de chancado es un punto central de comunicación entre los operadores de chancadoras y otros departamentos o áreas de la planta. Se utilizan sistemas de comunicación como intercomunicadores o radios para facilitar la coordinación y la respuesta rápida ante cualquier eventualidad.

2.8 Importancia de la ergonomía

Ergonómica se refiere a algo que está diseñado o adaptado teniendo en cuenta las características y necesidades de las personas que lo van a utilizar, en función de su comodidad, seguridad y eficiencia.

La ergonomía busca adecuar el entorno, los productos y los sistemas de trabajo a las capacidades y limitaciones de las personas, con el objetivo de optimizar su bienestar, salud y rendimiento. Se aplica en diferentes ámbitos, como el diseño de productos y equipos, el diseño de espacios de trabajo y la organización de tareas y procesos.

En el ámbito laboral, por ejemplo, se busca adaptar las estaciones de trabajo a las características físicas y cognitivas de los trabajadores, proporcionando mobiliario ajustable, herramientas ergonómicas y evaluando factores como la iluminación, el ruido y la temperatura para crear un entorno de trabajo saludable y cómodo.

El control de procesos en una minera se refiere a la supervisión y gestión de las operaciones mineras con el objetivo de garantizar la eficiencia, seguridad y rentabilidad de los procesos involucrados en la extracción y tratamiento de minerales.

2.9 Tecnología y sistema

En una minera, se utilizan diferentes tecnologías y sistemas para controlar y monitorear los procesos, como, por ejemplo:

2.9.1 Automatización

Se emplean sistemas automatizados para controlar y regular las diferentes etapas del proceso minero, como el transporte de material, la trituración, la separación y la clasificación de minerales.

2.9.2 Instrumentación

Se instalan sensores y medidores en diferentes puntos del proceso minero para recopilar datos en tiempo real, como la temperatura, la presión, el flujo, la concentración de minerales, entre otros. Estos datos son utilizados para controlar y ajustar los parámetros del proceso.

2.9.3 Sistemas de supervisión y control

Se utilizan sistemas de control centralizados que permiten monitorear y gestionar remotamente las operaciones mineras. Estos sistemas proporcionan información en tiempo real sobre el estado de los equipos, los niveles de producción y los parámetros operativos, permitiendo tomar decisiones adecuadas para optimizar el rendimiento.

2.9.4 Sistemas de seguridad

En el control de procesos mineros, también se implementan sistemas de seguridad para prevenir y controlar situaciones de riesgo, como la detección y control de incendios, sistemas de ventilación y monitorización de gases tóxicos, entre otros.

2.10 PLC

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico utilizado para automatizar procesos industriales. Se usa principalmente en sistemas de control de maquinaria y procesos de producción, como en fábricas, plantas de tratamiento de agua, plantas de energía, etc. Los PLC se programan para realizar funciones lógicas y matemáticas, tomar decisiones y controlar la operación de equipos y máquinas sin intervención humana constante.

2.10.1 Funcionamiento de un PLC

El funcionamiento de un PLC se basa en su capacidad para recibir entradas (sensores, interruptores, etc.), procesar la información de acuerdo con un programa previamente cargado, y luego generar salidas (como señales para operar motores, luces, válvulas, entre otros dispositivos).

CAPÍTULO III

SALA DE CONTROL ACTUAL

Los conceptos generales de la sala de control. se verán los puntos importantes que abarcan temas de importancia para entender el futuro del proyecto, las limitaciones de la sala actual.

3.1 Sala de control actual

La sala eléctrica actual en la planta San José de Minera Pucobre tiene una historia que se remonta a aproximadamente 20 años atrás. En aquel entonces, la tecnología disponible no permitía la unificación de todos los sistemas en un solo lugar. (Ver la figura N° 3.1).



Figura N° 3.1: Sala antigua.

Fuente: Imagen propia.

3.2 Ubicación inicial sala de control.

Inicialmente, la ubicación de la sala de control estaba cerca del PLC y las computadoras. Esta decisión de ubicación se basó en la conveniencia de espacio reducido, ya que la planta era más pequeña en ese momento y la coordinación no era tan compleja, un operador solo necesitaba dos pantallas y estaba al lado de los PLC debido a la simplicidad e las operaciones. Así como se muestra en l figura N° 3.2.

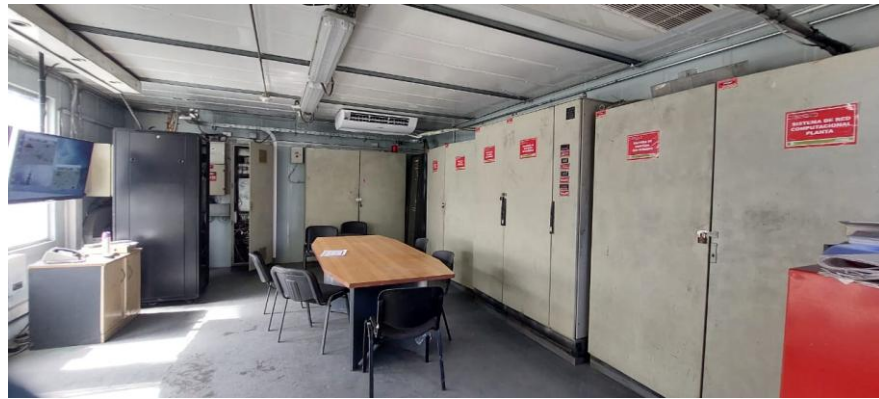


Figura N° 3.2: Tableros PLC y sala de control.

Fuente: Imagen propia.

3.3 Centralización de comunicaciones

En sus primeras etapas, las operaciones de la planta San José tenían sistemas de comunicación centralizados en terreno, como altavoces y teléfonos. Esto contribuyó a la eficiencia y a la simplificación de la coordinación, ya que todo estaba físicamente cerca y accesible, tal como se aprecia en la figura N°3.3.

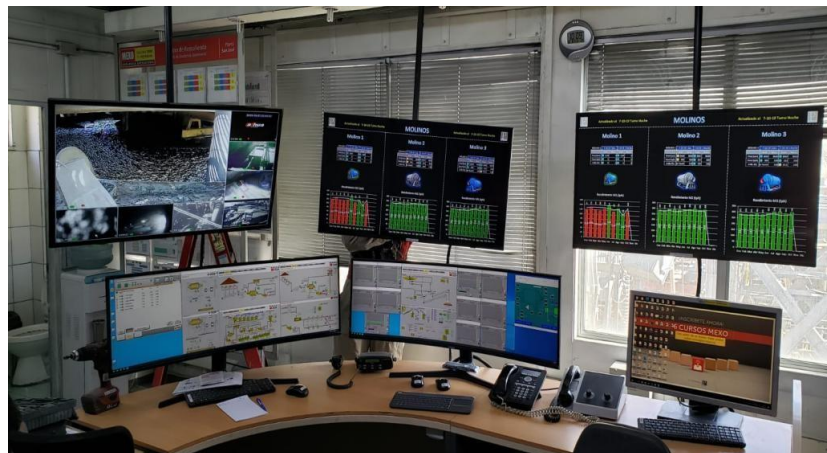


Figura N° 3.3: Pantallas y lugar de supervisión.

Fuente: Imagen propia.

3.4 Crecimiento de la planta

Con el tiempo, la planta San José experimentó un crecimiento significativo y la adición de diversos sistemas. A medida que la planta se expandía y se volvía más compleja, se hizo evidente que era necesario un nivel más alto de coordinación y centralización para garantizar una operación eficiente y segura.

3.5 Limitaciones de la sala actual

El aumento en la cantidad de sistemas y equipos hizo que la sala de control eléctrico actual quedara pequeña e insuficiente para albergar todo lo necesario. Esto resalta la necesidad urgente de una actualización tecnológica y ergonómica que permita unificar las salas de control y abordar las demandas cambiantes de la planta.

En resumen, la sala de control actual en Minera Pucobre, Planta San José, tiene sus raíces en una época en la que la tecnología y la planta en sí eran mucho más simples. A medida que la planta creció y se volvió más compleja, se hizo evidente la necesidad de una sala de control más moderna y eficiente que pueda unificar los sistemas y proporcionar las condiciones adecuadas para el personal de control. (ver la figura N° 3.4.)

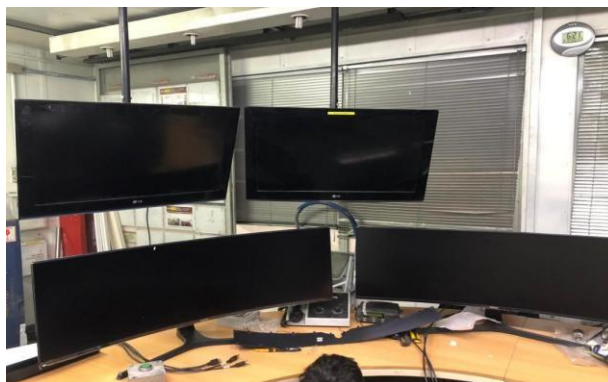


Figura N° 3.4: Espacio con limitaciones.

Fuente: Imagen propia.

3.6 Ubicación nueva de sala de control.

Esta imagen satelital muestra parte de la Planta San José de Pucobre, en Tierra Amarilla, y específicamente un sector donde se realizó o se proyecta un cambio de ubicación tal como se aprecia en la figura N° 3.5.



Figura N° 3.5: ubicación Tramo S/E a Sala de control.

Fuente: Imagen propia.

Interpretación técnica de la imagen:

- ✚ Las líneas amarillas marcan el nuevo trazado de alimentación eléctrica desde la subestación.
- ✚ Los puntos azules son postes de anclaje ya instalados anteriormente alimentaba garitas antiguas o instalaciones menores.
- ✚ A la izquierda, el domo blanco grande es un sector típico de almacenamiento de material.

CAPÍTULO IV

EQUIPOS PARA NUEVA SALA DE CONTROL

Se abarca las estructuras, montajes, mejoras del proyecto y actualización de equipos, también finalizando el capítulo IV se verán los cálculos eléctricos que involucran el proyecto.

4.1 Modificación sobre estructuras de supervisión de monitoreos

Se realiza instalación de estructura suportación monitores VWALL para la nueva sala de Control ubicada dentro del edificio Supervisores. La estructura consta de 3 pilares de perfil cuadrado 75 x 75 x 3 mm los cuales fueron afianzados por 3 flanges, uno superior, uno intermedio y otro inferior a través de pernos pasados al exterior, cuenta con pintura electro-esmaltado en color negro plata. Montados los pilares, se acoplaron 2 rieles horizontales que contienen las 5 pantallas lo que permite asegurar la horizontalidad de los equipos, el riel superior se encuentra instalado con una inclinación de 30° permitiendo dejar el VWALL alineado para que cumpla su función. (ver la figura N° 4.1).



Figura N° 4.1: Barras horizontales.

Fuente: Imagen propia.

El sector cuenta con 2 ventanas las cuales fueron bloqueadas para evitar el ingreso de luz como de temperatura, en el proceso de bloqueo se instaló una pantalla de aislapol 30mm. Tal como se aprecia en la figura N° 4.2.



Figura N° 4.2 Bloqueo con AISLAPOL.

Fuente: Imagen Propia

Se instala melamina color gris de 15 mm fijada a marco existente sellando sus bordes con silicona, el cual se puede ver en la figura N°4.3.



Figura N° 4.3: Melamina gris.

Fuente: Imagen propia

Se instalaron aire acondicionados y luces (ver la figura N° 4.4), fundamental para garantizar un entorno de trabajo optimo, seguro y confortable. Estos elementos no solo mejoran la calidad del espacio, sino que también contribuyen al buen desempeño de los equipos y asegurar la comodidad del personal que se encuentran en la sala.



Figura N° 4.4: Aire acondicionado.

Fuente: Imagen propia.

En la figura N° 4.5 se puede apreciar donde fueron ubicados los monitores estratégicamente en las paredes ya aisladas para garantizar una visibilidad optima desde cualquier punto de esta, con el objetivo de mejorar el control y los procesos de la planta en tiempo real.



Figura N°4.5: Finalizando el proyecto de montaje.

Fuente: Imagen propia

Finalizando el proyecto de montaje de monitores y la modificación de ambientación para la nueva sala de control, estos serían los resultados con estructuras completas y monitores operativos (ver la figura N° 4.6).

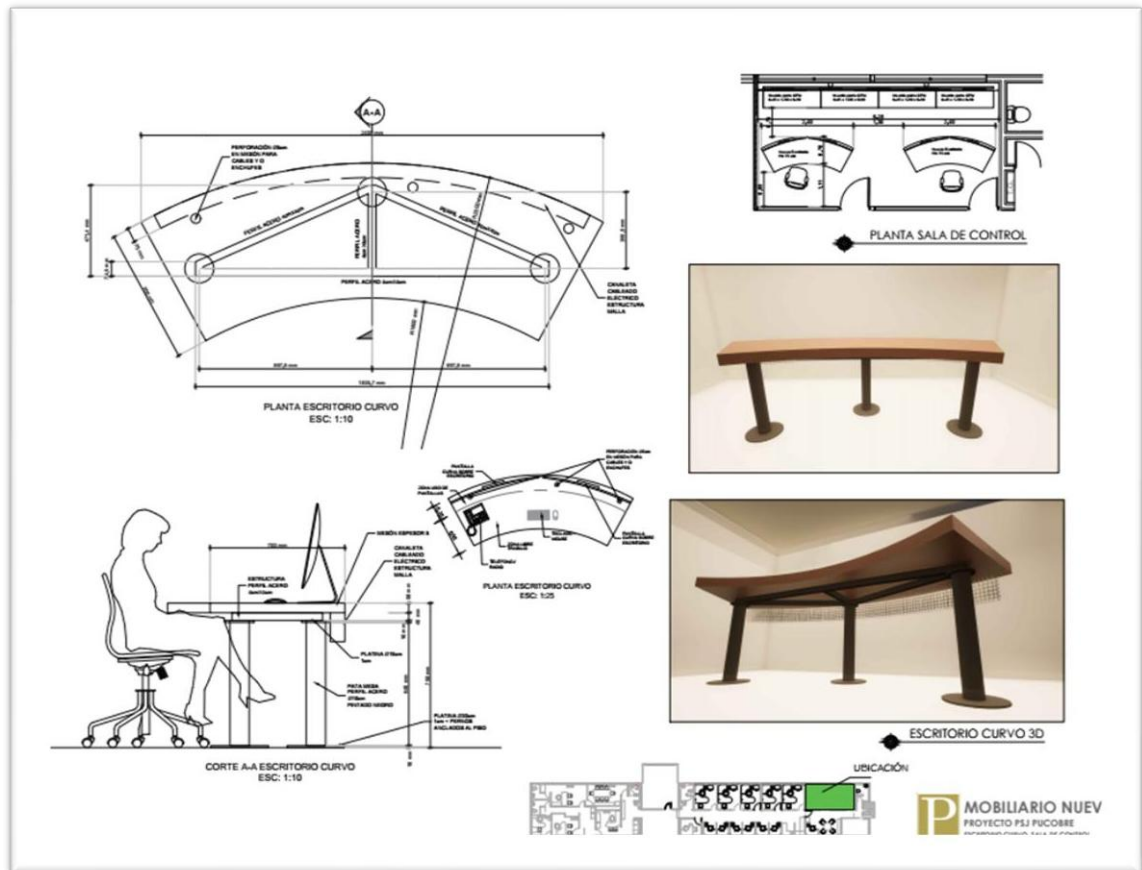


Figura N° 4.6: Diseño de estructuras

Fuente: Imagen mobiliario nuevo.

Ante la aplicación de los equipos nuevos se entiende que se modificaron las comunicaciones por lo tanto se debió realizar un mapa conceptual que tiene como referencia la conexión de cada equipo interno aplicado en la sala de control, véase en la figura N° 4.7.

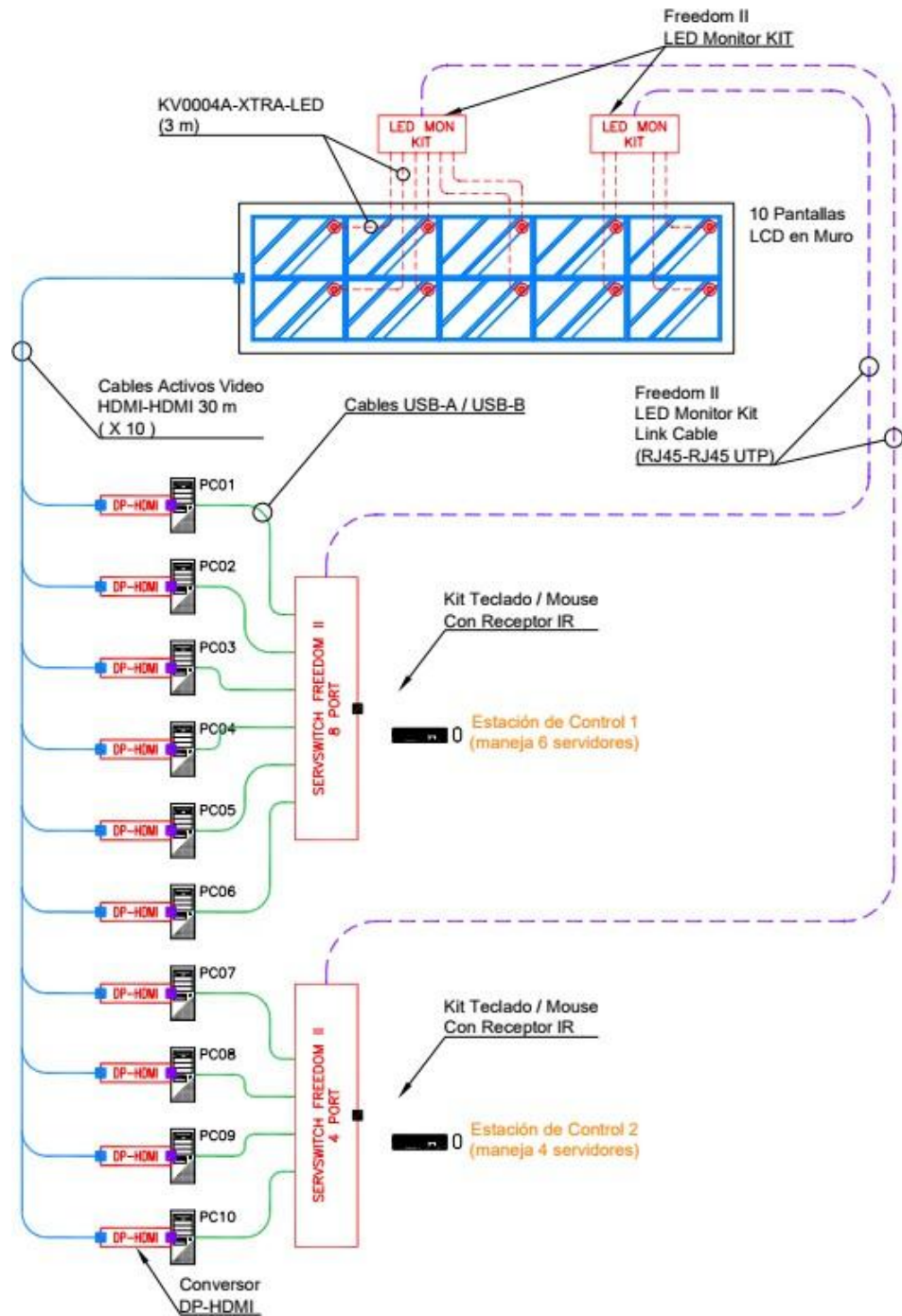


Figura N° 4.7: Mapa conceptual.

Fuente: Imagen propia.

4.2 Unidad de respaldo para sala de control nueva

Para el respaldo interno de la sala de control se prefirió el uso del equipo de respaldo Black rt series online ups (ver la figura N° 4.8.), instalación de UPS rackeable con capacidad para 45 min (en caso de corte de energía mayores se energizaría de generador auxiliar de área húmeda).



Figura N° 4.8: Black rt series online ups.

Fuente: Manual del equipo.

Ideal para equipos de alta gama sensibles a la calidad de la energía:

- ✚ Admite el modo ECO de ahorro de energía.
- ✚ Amplio rango de entrada (120-276 VCA).
- ✚ La ranura de comunicación inteligente permite el monitoreo remoto.
- ✚ Regulación precisa del voltaje de salida.
- ✚ Configuración dual en rack/torre con panel LCD giratorio.
- ✚ La gestión de carga inteligente para baterías prolonga su vida útil.

4.3 Método de aplicación

La fuente de energía se conecta a la UPS, desde la misma se conecta a los dispositivos requeridos tal como se muestra en la figura N° 4.9.

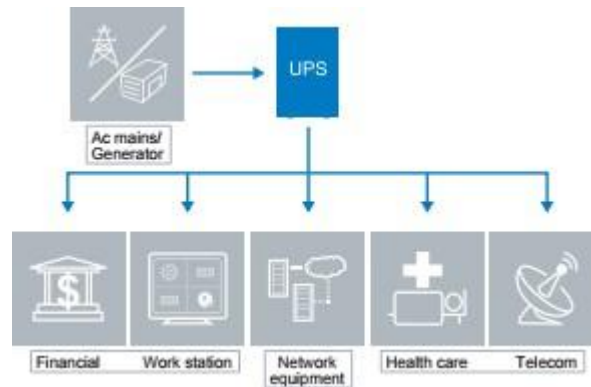


Figura N° 4.9: Diagrama de método de aplicación.

Fuente: Imagen propia.

El UPS Black RT es una fuente de energía ininterrumpida diseñada para proteger equipos sensibles a las fluctuaciones de voltaje. En la siguiente tabla de data sheet, se detallan sus características clave, como el modo ECO de ahorro de energía, el rango de entrada de 120-276 VCA, y su capacidad para monitoreo remoto a través de una ranura de comunicación inteligente. Además, se especifica su regulación precisa del voltaje de salida, la configuración dual en rack/torre con un panel LCD giratorio, y la gestión inteligente de la carga que prolonga la vida útil de las baterías. La tabla proporciona todos los detalles técnicos necesarios para comprender el rendimiento y las capacidades del UPS.

Tabla N° 4.1: Características de UPS.

Características	BLACK RT 6K	BLACK RT 6KS	BLACK RT 10K	BLACK RT 10KS
Capacidad	6000VA/5400W	10000VA/9000W		
Entrada				
Rango de Voltaje de Entrada	45-55Hz / 54-66Hz			
Cableado de Entrada	Monofásico con tierra			
Distorsión de Corriente (THDi)	<5% a carga completa			
Salida				
Factor de Potencia de Salida	0.9			
Voltaje Nominal de Salida	208/220/230/240VAC			
Regulación de Voltaje	±1%			
Frecuencia (Modo Batería)	50/60 ±0.1 Hz			
Relación de Cresta de Corriente	3:1			
Distorsión de Voltaje (THDv)	<2% (Carga Lineal)	<5% (Carga No Lineal)		
Forma de Onda de Salida	Onda Senoidal Pura			
Operación en Paralelo	Hasta 2 unidades			
Eficiencia				
Eficiencia en Modo Inversor	92%	93%		
Eficiencia en Modo Batería	89%	89%		
Eficiencia en Modo ECO	96%	97%		
Batería				
Tipo de Batería	12V / 5Ah	12V / 9Ah		
Número de Baterías Internas	15	20		
Voltaje Nominal de Batería	180VDC	240VDC		
Tiempo de Respaldo (A Carga Completa)	>2.5 minutos	>3.5 minutos		

Fuente: Black rt series online ups.

Tabla N° 4.1: Características de UPS (Continuación).

Características	BLACK RT 6K	BLACK RT 6KS	BLACK RT 10K	BLACK RT 10KS
Tiempo de Recarga (al 90%)	3 horas	3 horas		
Corriente de Carga	1A / 1.7A	8A		
Tiempo de Transferencia				
Modo Batería ↔ Modo Inversor	0 ms	0 ms		
Modo Inversor ↔ Modo Bypass	0 ms	0 ms		
Modo ECO ↔ Modo Batería	<10 ms			
Pantalla y Alarmas				
Pantalla	LCD			
Alarma Acústica	Sí			
Dimensiones y Peso				
Dimensiones (AxHxP)	438 x 129 x 698 mm	438 x 129 x 640 mm	438 x 215.5 x 704 mm	438 x 215.5 x 640 mm
Peso Neto	46 kg	19 kg	19 kg	19 kg
Especificaciones Ambientales				
Temperatura de Operación	0 - 40°C			
Nivel de Ruido	<55dB a 1 metro			
Interfaces y Características				
RS232/USB	Sí			
Ranura Externa	Sí			
Apagado de Emergencia (EPO)	Sí			

Fuente: Black rt series online ups.

El Grupo Generador de Respaldo Cummins Modelo C90 D5 es un equipo diseñado para ofrecer energía de respaldo confiable en caso de fallos en el suministro eléctrico.

Este generador tiene un consumo máximo de 135 A y un consumo de 21 kVA, lo que lo hace adecuado para mantener en funcionamiento una variedad de equipos y sistemas.

Está equipado con un tanque de combustible de 350 litros y ofrece una autonomía de 17.1 litros por hora (L/HR), lo que permite estimar su tiempo de operación antes de necesitar una recarga de combustible (ver figura N°4.10).

Este generador es una solución eficaz para garantizar el suministro continuo de energía, siendo ideal para aplicaciones que requieren alta fiabilidad y rendimiento en situaciones de emergencia.



Figura N°4.10: Unidad de respaldo en generación.

Fuente: Imagen propia.

Tabla N° 4.2: Características del generador.

Características	Valor
Dimensiones estándar (set abierto)	2268 x 1094 x 1576 mm
Dimensiones estándar (set cerrado)	2255 mm
Peso seco (con características estándar)	1244 kg
Peso húmedo	1555 kg
Sistema de enfriamiento	
Flujo de aire (m ³ /s a 12.7 mm H ₂ O)	3.44 m ³ /s
Rechazo total de calor (BTU/min)	9259 BTU/min
Restricción máxima de aire (mm H ₂ O)	12.7 mm H ₂ O
Diseño ambiental (temperatura máxima)	54°C
Carga del ventilador (kWm)	5.60992 kWm
Capacidad de refrigerante (con radiador)	19.75 L
Temperatura de escape	540°C
Temperatura de escape (segundo valor)	533°C
Máxima presión de retroceso de escape (kPa)	10.5 kPa

Fuente: Generador Cummins Modelo C90 D5-2018

El generador tiene un diseño compacto con un peso de 1244 kg en seco y 1555 kg en húmedo. Cuenta con un sistema de enfriamiento eficiente, capaz de manejar un flujo de aire de 3.44 m³/s y un rechazo de calor de 9259 BTU/min.

Su capacidad de refrigerante es de 19.75 L y puede operar a temperaturas ambientales de hasta 54 °C. Además, su sistema de escape maneja temperaturas de hasta 540 °C y una presión de retroceso máxima de 10.5 kPa.

Tabla N°4.3: Ficha técnica generador

Características	Características
Consumo de combustible	
Clasificación de carga	
Carga Standby (kVA / kW)	90 (72)
Carga Prime (kVA / kW)	82 (65.6)
Consumo de combustible (gph)	
1/4 carga	1.4 gph
1/2 carga	2.5 gph
3/4 carga	3.8 gph
Carga completa	5.2 gph
Consumo de combustible (L/h)	
1/4 carga	5.7 L/h
1/2 carga	10.3 L/h
3/4 carga	15.4 L/h
Carga completa	23.6 L/h
Fabricante del motor	Cummins
Modelo del motor	6BTA5.9 G5
Configuración del motor	Inline 6 cilindros Diésel
Aspirate	Turboalimentado y Refrigerado
Potencia bruta del motor (kWm)	102 kW
BMEP a carga nominal del set (kPa)	1386 kPa
Diámetro (bore), mm	102 mm
Carrera (stroke), mm	120 mm
Velocidad nominal (rpm)	1500 rpm
Velocidad del pistón (m/s)	6.545 m/s
Relación de compresión	17.6:1
Capacidad de aceite lubricante (L)	16.4 L
Límite de sobre velocidad (rpm)	1800 rpm
Potencia regenerativa (kW)	6.2 kW
Tipo de gobernador	Electrónico
Voltaje de arranque	12V DC
Flujo máximo de combustible (L/h)	93 L/h
Restricción máxima de entrada de combustible (mm Hg)	1265 mm Hg
Temperatura máxima de entrada de combustible (°C)	45°C

Fuente: Generador Cummins Modelo C90 D5- 2018

4.4 Sistema de intercomunicación y buscapersonas

SP2 es el sistema de intercomunicación y buscapersonas más avanzado de GAI-TRONICS hasta el momento. Combinando la simplicidad de la operación "presionar para localizar, liberar para el grupo" con la tecnología de punta de multidifusión de Voz sobre Protocolo de Internet (VoIP), SP2 es capaz de proporcionar comunicación prácticamente instantánea en los entornos más exigentes. (ver la figura N° 4.11.)

SP2 es rápido. Dado que no se necesita ningún servidor para configurar el enrutamiento de llamadas y los puentes de conferencia, SP2 puede proporcionar búsqueda unidireccional inmediata y comunicación de "línea compartida" full-duplex.

El SP2 es un dispositivo sencillo que permite hacer anuncios al levantar el auricular y presionar la barra de presión. Al soltarla, se puede hablar en una de las cinco líneas grupales disponibles.



Figura N° 4.11: Equipo estaciones auriculares remoto.

Fuente: Imagen propia.

- ✚ Tecnología VoIP de multidifusión.
- ✚ Arquitectura sin servidor.
- ✚ Comunicación dúplex completa.
- ✚ Cinco líneas partidistas.
- ✚ Versiones CA (120/230 V) y CC (24 V).
- ✚ Amplificador eficiente de clase D de 30 watt.
- ✚ de nivel ambiental (ALS).
- ✚ Operación de unidad terminal remota (RTU) para aplicaciones de entrada/salida.
- ✚ Monitoreo remoto.

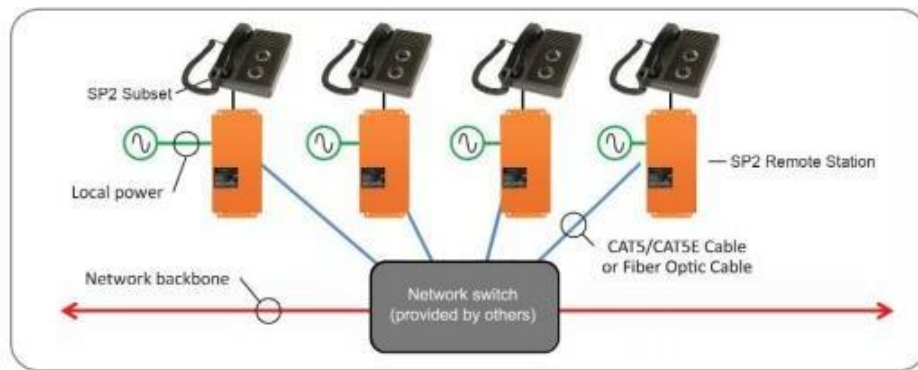


Figura N° 4.12: Diagrama típico de comunicación.

Fuente: Imagen propia.

4.5 Cálculos eléctricos

Según los lineamientos establecidos por los pliegos RIC eléctricos, es necesario comentar la serie de cálculos técnicos y normativos aplicados previamente en este proyecto.

4.5.1 Demanda eléctrica

Demanda total del proyecto: Se debe calcular la potencia instalada total y estimar la demanda máxima instalada. Esto incluye el análisis de cargas conectadas simultáneamente.

Datos Técnicos del transformador:

- ✚ Marca y capacidad: Rhona de 400 kVA
- ✚ Transformador de tipo sumergido en aceite
- ✚ Tipo de bobinado: Dos devanados.
- ✚ Tensión primaria: 23 kv.
- ✚ Tensión secundaria: 400 V.
- ✚ Sistema: Trifásico.



Figura N° 4.13: Transformador Rhona 400 KVA.

Fuente: Imagen propia.

4.5.2 Cálculos técnicos

CUADRO DE CARGAS DE ALUM. ENCHUF.											
	CTO	ILUMINACION	ENCHUFES	CENTROS	POTENCIA w	FASE	INT.	DIF.	COND. H07V	DUCTO PVC CONDUIT	UBICACIÓN
TDA	1	8		8	1x100 w	1	1x10A 6KA	2x25A 30mA C	2.5mm ²	20mm	SALA DE CONTROL
	2		11	11	1x250 w	2	1x16A 6KA	2x25A 30mA C	2.5mm ²	20mm	SALA DE CONTROL
	3										
	4										
TOTAL:		8	11	19	3550W		02	02			

Figura N° 4.14: Cuadro de carga eléctrico.

Fuente: Imagen propia.

Resumen cuadro de carga protecciones eléctricas:

Para el circuito 1 se estiman 8 centros de luminarias con una potencia de 100 W según RIC N° 10 – Instalaciones de uso general., su protección será de un interruptor de 10 Amper curva C y un disyuntor diferencial de 2x25 Amper por 30 mA.

Para el circuito 2 se proyectan 11 centros de enchufes de 250 W RIC N° 10 – Instalaciones de uso general. su protección será de un interruptor de 16 Amper curva C y un disyuntor diferencial de 2x25 Amper por 30 mA.

Dentro de la Suma de cargas de la sala de control se evidencia que la potencia instalada de 3550 W. (Ver figura N° 4.14)

4.5.3 Cálculo de corriente monofásica por circuito

$$I = \frac{P}{V}$$

Sustituyendo los valores:

Circuito 1 iluminación:

$$I = \frac{0.8 \text{ kW}}{220 \text{ v}}$$
$$I = 3.6 \text{ A}$$

Circuito 2 Enchufes:

$$I = \frac{2.75 \text{ kW}}{220 \text{ v}}$$
$$I = 12.5 \text{ A}$$

Opción 2 para calcular protecciones de enchufes:

Protección: 11 enchufes x 250 W = 2750 W / 220 V = 12.5 A. por lo tanto, una protección de 16 A es suficiente.

Por lo tanto, la sala de control tiene un consumo bajo con respecto a otras áreas, lo más relevante ante el consumo de esa sala serán las pantallas, pero al tener una potencia aproximada de 70 W por pantalla no influye en su consumo general.

La sala de control en teoría tiene un consumo máximo de 19 A relacionado al circuito de enchufes.

4.5.4 Selección de conductores y canalizaciones.

La sección del conductor se definirá con base en la corriente nominal de las cargas, la distancia permitida según la RIC N° 4, que corresponde a las normativas chilenas sobre "conductores materiales y sistemas de canalización". Esta normativa establece los requisitos y criterios para el diseño de la selección de conductores eléctricos y la canalización de este.

4.5.4.1 cálculos justificativos de sección de conductor trifásico subterráneo:

Longitud de conductor desde bajada transformador hacia sala de control:



Figura N° 4.15: Longitud entre transformador y sala de control.

Fuente: Imagen propia.

Para ello se utilizará la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot \text{rhop} \cdot L}{Vp} * I$$

El cálculo del largo del conductor ya fue realizado previamente, considerando una distancia de 12 m. desde aguas abajo del transformador hasta la sala de control. Para este circuito, se utilizó una corriente de diseño de 12.5 amperes, correspondiente a la

mayor demanda entre los equipos conectados.

En esta sección se detalla el procedimiento aplicado, con el fin de documentar técnicamente el criterio utilizado en la selección del conductor.

$$S = \frac{\sqrt{3} * 0,0175 \Omega * 12 m}{11.4 v} * 12.5 A$$

$$S = \frac{\sqrt{3} * 0,0175 \Omega * 12 m}{11.4 v} * 12.5 A$$

$$S = 0.4 mm^2$$

Con respecto a la canalización en base a la tabla de 4.2 del RIC N 4 se selecciono el conductor RV-K. Apto para ser instalado directamente enterrado, en ductos, en bandejas, en canastillo, en escalerillas (solo tipo /TC) y al aire libre.

A continuación, para su selección se eligió la sección nominal de $4 mm^2$ para un método de instalación D 1 que corresponde al mínimo para un alimentador o un subalimentado enterrados.

4.5.4.2 cálculos justificativos sección de conductor monofásico:

Para ello se utilizará la siguiente formula:

$$S = \frac{2 * \rho * L}{V_p} * I$$

El largo del conductor se calculó mediante los metros cuadrados de la sala de control que serían $24 m^2$ (8 metros de largo * 3 metros de ancho).

$$S = \frac{2 * 0.0175 \Omega * 24 m}{6.6 v} * 12.5 A$$

$$S = \frac{2 * 0.0175 \Omega * 24 m}{6.6 v} * 12.5 A$$

$$S = 1.6 mm^2$$

✚ Para los circuitos de alumbrado se realiza instalación de conductor de 2.5mm^2

En base a la tabla de 4.2 del RIC N 4 se selecciono el conductor H07V que es apto para ser instalado en ductos y molduras en ambiente seco.

Se eligió la sección nominal de 2.5mm^2 para un método de instalación A1 para hasta tres conductores monopolares con carga. Con respecto al factor de corrección no se realiza ya que no cuenta con más de 4 conductores, si no que solo se utilizaran 3 en ducto. Estos serán aplicados en el circuito de enchufe.

Ahora con respecto al resultado nos dirigimos a la tabla del RIC N°4 4.4 Capacidad de transporte de corriente de conductores de cobre aislados (continuación) pagina 19/90.

Tabla N° 4.4: Tabla de selección de cables tendido fijo.

CABLES PARA TENDIDO FIJO TEMPERATURA DE SERVICIO 70 °C. Aplica para los conductores H07V, H07Z1, THWN, NYIFY, ACOMETIDA.				
Sección nominal [mm ²]	Sección en sistema americano [AWG] o [kcmil]	A1	B1	Method E
		Método de instalación A1. Temp. ambiente 30 °C	Método de instalación B1. Temp. ambiente 30 °C	Método de instalación E. Temp. ambiente 30 °C
1,5	-	14	16	19
2,08	14	16	19	22
2,5	-	18	21	24
3,31	12	21	25	30
4	-	24	28	31
5,26	10	28	34	38
6	-	31	36	43
8,37	8	38	45	53
10	-	42	50	60
13,3	6	50	60	71
16	-	56	68	80
21,1	4	66	80	91
25	-	73	89	101
26,7	3	76	93	106
33,6	2	87	108	122
35	-	89	110	126
42,4	1	100	125	142
50	-	108	134	153
53,5	1/0	116	144	165
67,4	2/0	133	167	191
70	-	136	171	196
85	3/0	153	193	222
95	-	164	207	238
107,2	4/0	176	223	257
120	-	188	239	276
126,7	250	195	248	286
150	-	216	262	319
152	300	217	264	321
177,3	350	239	289	355
185	-	245	296	364
202,7	400	259	315	386
240	-	286	346	430
253,3	500	296	356	446
300	-	328	394	497

Fuente: RIC N° 4

4.5.5 Caída de tensión

Según RIC N°3 La sección de los alimentadores, subalimentadores y conductores será tal que la caída de tensión provocada por la corriente máxima que circula por ellos determinada de acuerdo con el punto 6.1, no exceda del 3% de la tensión nominal de la alimentación y la caída de tensión total en el punto de la instalación más desfavorable no exceda del 5% de dicha tensión.

Por lo tanto, para el 5% de caída de tensión de la instalación del alimentador 380 V sería lo siguiente:

$$\text{✚} \quad V = I * R \text{ conductor. (COBRE RHO MATERIAL } 0,0175\Omega)$$

$$\text{✚} \quad R = 0.0175 \Omega * 12 \text{ m}$$

$$\text{✚} \quad R = \frac{0.2064\Omega}{2.5\text{mm}^2}$$

$$\text{✚} \quad R = 0.082 \Omega$$

$$\text{Caída de tensión} = 12.5 \text{ A} * 0.082 \Omega$$

$$\text{Caída de tensión} = 1.025 \text{ V}$$

El 5 % de 380V es 19V por lo tanto la caída de tensión no supera lo mínimo establecido por el RIC N°3

Para el circuito monofásico la caída de tensión es la siguiente:

$$\text{✚} \quad V = I * R \text{ conductor. (COBRE RHO MATERIAL } 0,0175\Omega)$$

$$\text{✚} \quad R = 0.0175 \Omega * 24 \text{ m}$$

$$\text{✚} \quad R = \frac{0.4128\Omega}{9.68 \text{ mm}^2}$$

$$\text{✚} \quad R = 0.042 \Omega$$

$$\text{Caída de tensión} = 12.5 \text{ A} * 0.042 \Omega$$

$$\text{Caída de tensión} = 0.525 \text{ V}$$

El 5 % de 220 V es 11V por lo tanto la caída de tensión no supera lo mínimo establecido por el RIC N°3.

4.6 Tablero eléctrico general

La distribución de cargas eléctricas fue previamente realizada conforme a los requerimientos de los equipos instalados, garantizando una alimentación segura y confiable para cada circuito. En esta sección se documenta dicho procedimiento, el cual ya fue ejecutado. Además, se presenta el plano unilineal correspondiente que refleja la organización y conexión de los circuitos eléctricos involucrados. A continuación, se detallan las características técnicas del tablero.

- ✚ Modelo: ROE7354
- ✚ Puesto: 54
- ✚ Material: Acero
- ✚ Pintura: electrostática
- ✚ Norma de fabricación: IEC 62208

RIC N°3 4.25.1.1 Tableros generales: Son los tableros principales de las instalaciones (ver la figura N° 4.16).

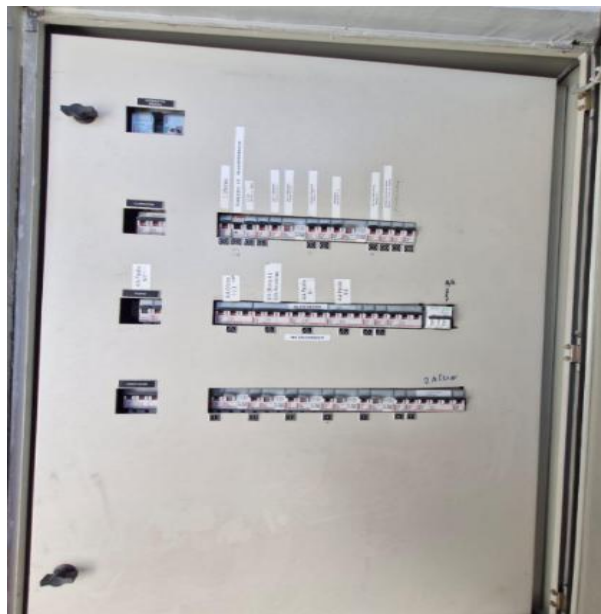


Figura N° 4.16: Distribución de tablero general.

Fuente: Imagen propia.

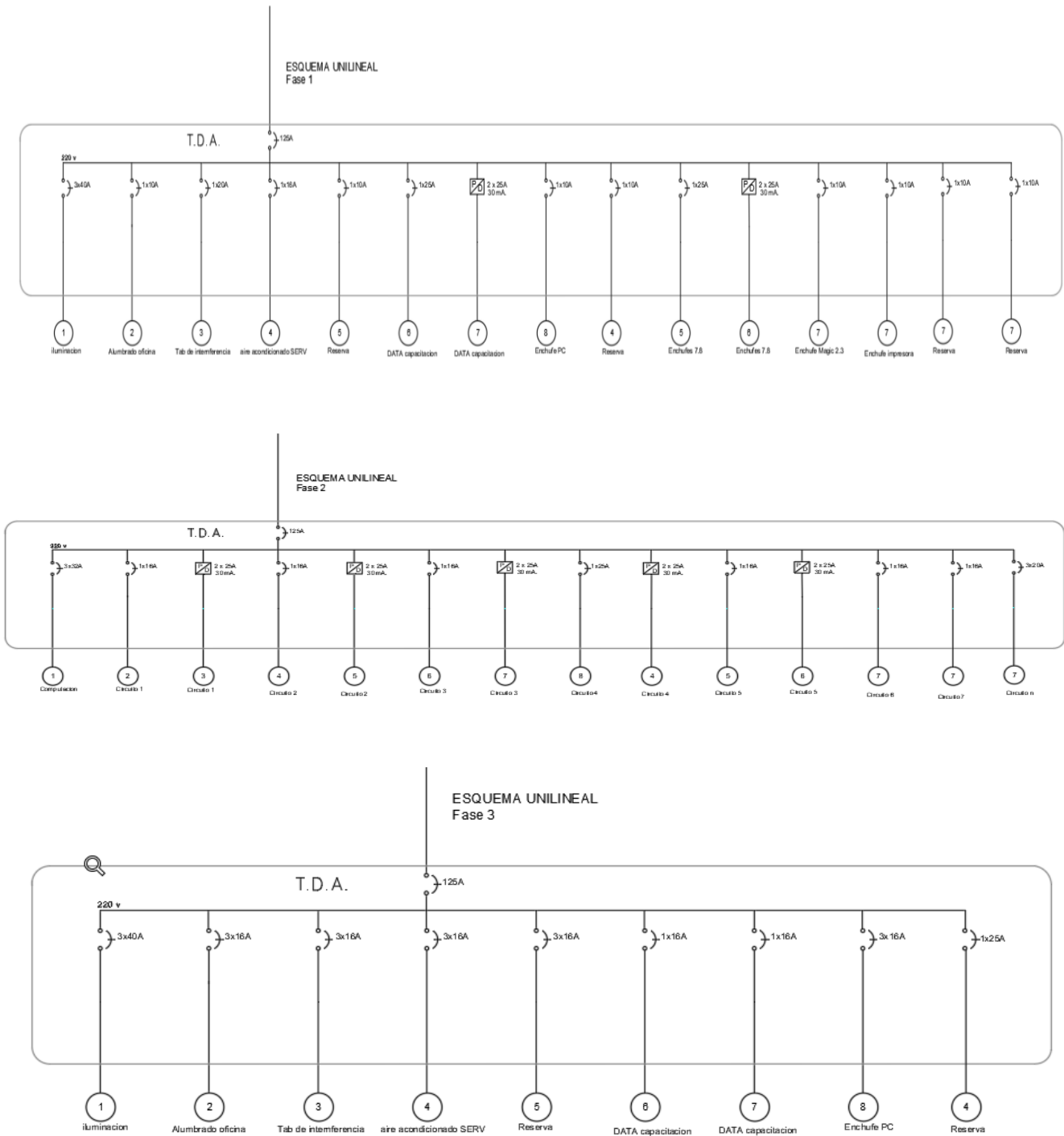


Figura N° 4.17: Esquema unilineal tablero trifásico general CIOP.

Fuente: Imagen propia.

4.7 Propuesta de mejora Tablero de protección interno en sala eléctrica de control e iluminación interior sala de control.

Se propone la implementación de un tablero eléctrico de protección independiente para la Sala de Control, alimentado desde el Tablero General CIOP, con distribución para iluminación, enchufes y aires acondicionado.

Esta alimentación sería utilizada de una reserva del circuito 5 (de la figura 4.19). este se cambiará a una protección de 3x40A que alimentará el tablero nuevo con una protección de 3x25A.

Datos técnicos:

- ✚ Alimentación desde Tablero General CIOP.
- ✚ Distancia desde CIOP al nuevo tablero: 10 metros.
- ✚ Tipo de conductor: H07V-K 4x2.5 mm² (equivalente a ~6 AWG aprox.)
- ✚ Canalización: Conduit metálico rígido o canaleta tipo industrial, con puesta a tierra de canalización.
- ✚ Protección general del tablero: Disyuntor tetrapolar 4x40A, curva C, con diferencial de 30mA, ubicado en CIOP.
- ✚ Trabajos de mano de obra para instalación interna y externa de canalización para habilitación de tablero.

Tabla N° 4.5: Tabla detalle tablero protección.

Circuitos		Interruptor Termomagnético	Disyuntor Diferencial	
C1	Iluminación Sala de Control	1P 10A, curva C	2P 25A, 30mA.	Curva C para cargas resistivas
C2	Enchufes generales	1P 16A, curva C	2P 25A, 30mA.	Clase C por posibles cargas electrónicas
C3	Aire Acondicionado (1 split)	1P 16A, curva C	2P 25A, 30mA.	Clase C Considerar arranque inductivo del compresor

Fuente: Imagen propia.

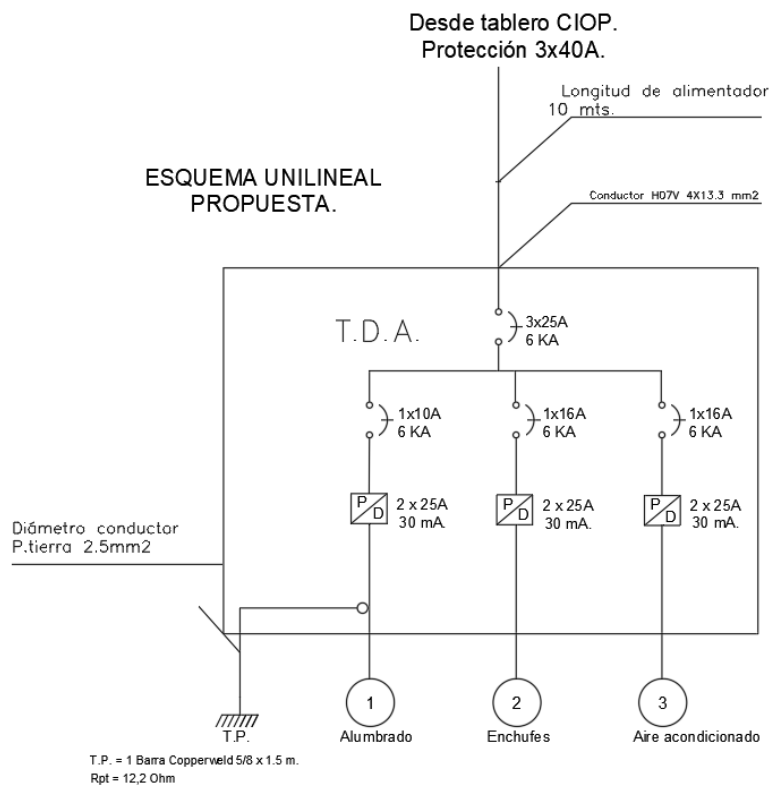


Figura N° 4.18: Plano unilineal propuesta tablero protección.

Fuente: Imagen propia.

DIAGRAMA UNILINEAL

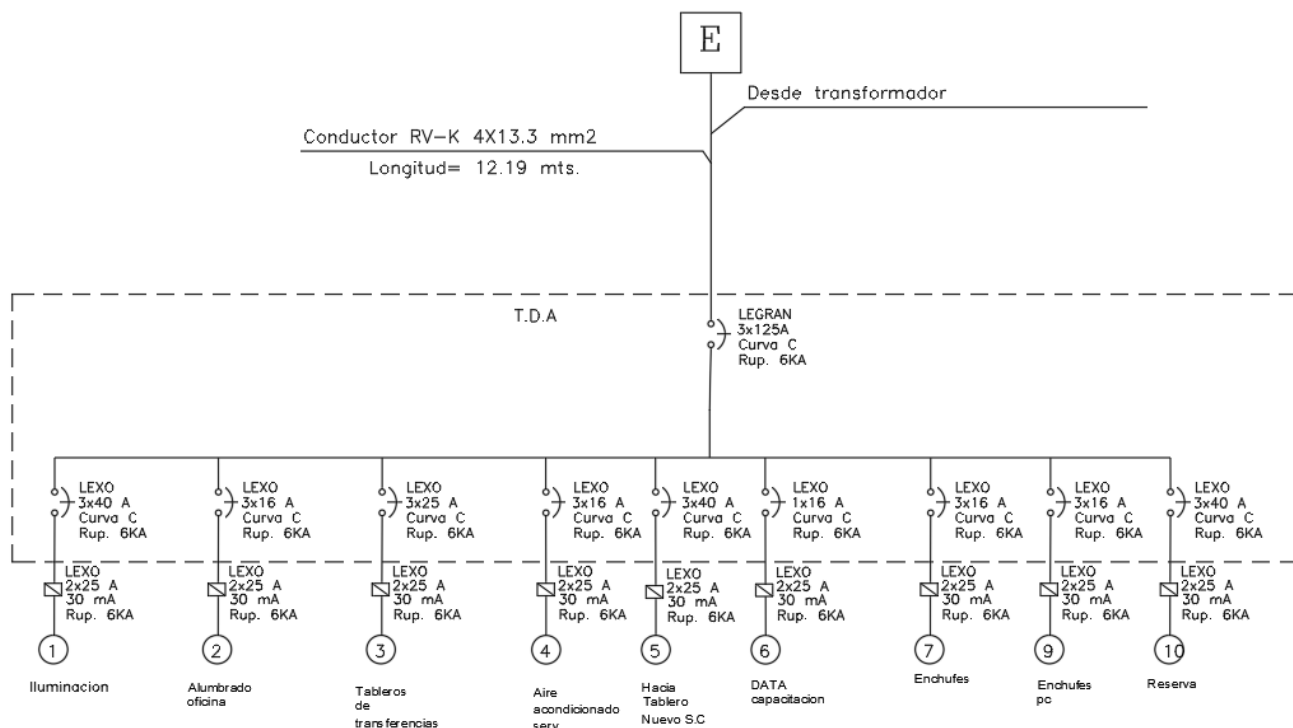


Figura N° 4.19: Plano unilineal trifásico propuesta tablero protección.

Fuente: Imagen propia.

También dentro de la mejora se realiza un estudio de iluminación utilizando el DIALUX FAST CAL, que básicamente es un cálculo sobre las luminarias que se deben instalar a partir de lo solicitado dentro del estándar que aplica la RIC N° 10.

Según RIC N°10: las salas de control deben estar dentro del rango de 500 LUX, de lo requerido serian luminarias tipo interior dentro de la faena, a continuación, se dejará en evidencia el estudio realizar con todos los datos técnicos.

- ✚ Nombre de la lámpara: SENSER
- ✚ Número de lámparas: 1
- ✚ Temperatura de color: 3000
- ✚ Índice de reproducción cromática: 80
- ✚ Potencia nominal: 16,9 W
- ✚ Flujo luminoso: 903 lm

Fotometría

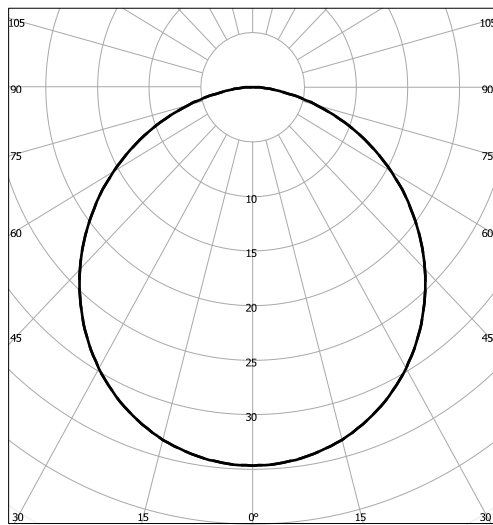


Figura N° 4.20: Fotometría de iluminación

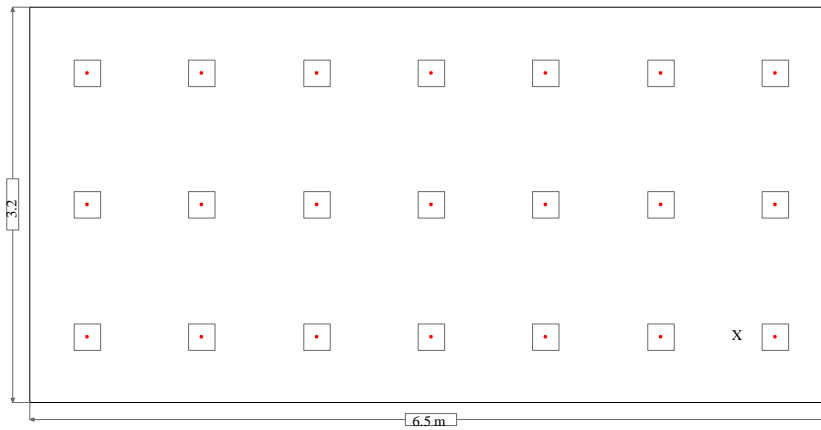
Fuente: Dialux Fastcal PFD

- ✚ Largo de la oficina: 6.5 m
- ✚ Ancho de la oficina: 3.2 m
- ✚ Altura de la oficina: 3 m
- ✚ Altura de montaje: 3 m
- ✚ Altura del plano de trabajo: 0.85 m
- ✚ Factor de mantenimiento: 0.85
- ✚ Reflejos en el techo: 80 %
- ✚ Reflejo de la pared: 60 %
- ✚ Reflexión en el suelo: 30 %

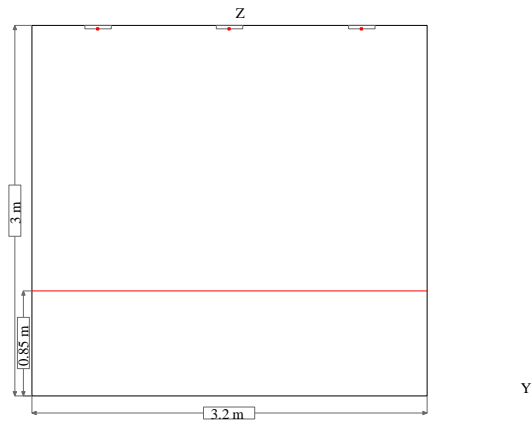
Resultados del cálculo

- ✚ Número total de luminarias: 21
- ✚ Flujo luminoso total: 18963 lm
- ✚ Iluminancia: 561 lx
- ✚ Efecto total instalado: 354.9 W
- ✚ Carga específica: 17,06 W/m²

Plano



Vista frontal



Perfil

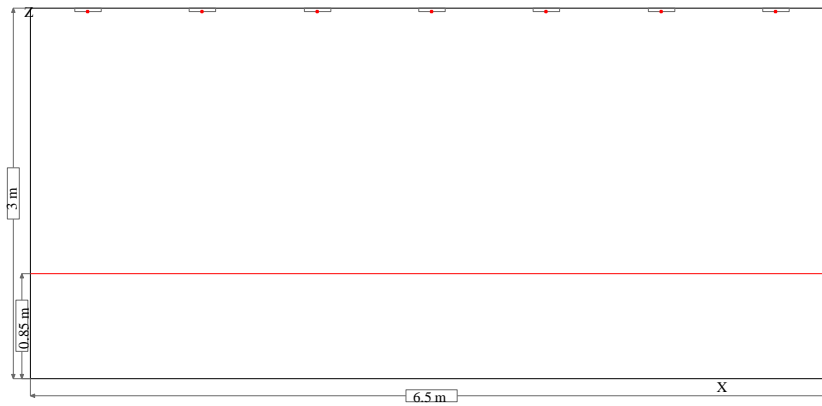


Figura N° 4.21: Planos de iluminación para oficina

Fuente: Dialux Fastcal PFD.

4.8 Lista de coordenadas de luminarias

Tabla N° 4.6: Tabla de coordenadas

No.	X	Y	Z
1	0.464	0.533	2.970
2	1.393	0.533	2.970
3	2.321	0.533	2.970
4	3.250	0.533	2.970
5	4.179	0.533	2.970
6	5.107	0.533	2.970
7	6.036	0.533	2.970
8	0.464	1.600	2.970
9	1.393	1.600	2.970
10	2.321	1.600	2.970
11	3.250	1.600	2.970
12	4.179	1.600	2.970
13	5.107	1.600	2.970
14	6.036	1.600	2.970
15	0.464	2.667	2.970
16	1.393	2.667	2.970
17	2.321	2.667	2.970
18	3.250	2.667	2.970
19	4.179	2.667	2.970
20	5.107	2.667	2.970
21	6.036	2.667	2.970

Fuente: Dialux Fastcal PFD.

CAPÍTULO V

HABILITACIÓN DE LA NUEVA SALA DE CONTROL

A partir de ahora el proyecto cambia su enfoque hacia la habilitación de la nueva sala de control, este capítulo contará con información de protocolos de comunicación integrados y utilizados.

5.1 Necesario para realizar la habilitación

Para llevar a cabo talleres de viabilidad constructiva con operadores de sala y jefes de turno, se ha identificado la necesidad de realizar visitas a salas de control de otras empresas, como el caso de Codelco El teniente en Santiago. Estas visitas proporcionarán una perspectiva práctica sobre las mejores prácticas en la implementación de sistemas SCADA en entornos similares.

Adicionalmente, obtener el convencimiento y la aprobación económica de la gerencia para garantizar la viabilidad y el respaldo financiero de estas iniciativas. Este respaldo será fundamental para asegurar la efectividad de los talleres y la implementación exitosa de mejoras en los sistemas de control. Además, la nueva sala de control (ver la figura N° 5.1), que está tomando forma, permitirá mejorar la eficiencia operativa y proporcionar un entorno más adecuado para la toma de decisiones en tiempo real.

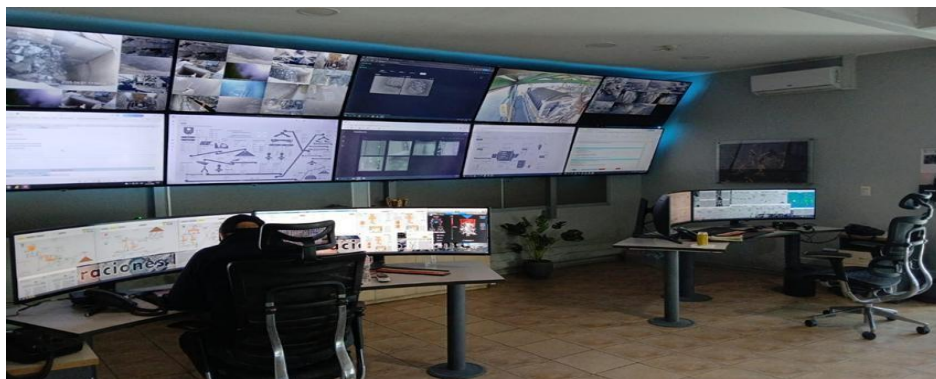


Figura N° 5.1: Nueva sala de control

Fuente: Tabla propia

5.2 Protocolos de comunicación integrados y utilizados

En la implementación del sistema SCADA, se ha optado por la utilización de comunicación TCP-IP para facilitar la transmisión eficiente de datos. En las salas de control, tanto en la antigua como en el nuevo centro de operación, se han instalado switches de la marca Cisco con entradas SFP (Small Form-Factor Pluggable) para asegurar una conectividad robusta.

Para la interconexión de estos switches y garantizar una comunicación rápida y confiable, se ha desplegado una infraestructura de fibra óptica. Esta elección se respalda en la capacidad de la fibra óptica para transmitir datos a altas velocidades y su resistencia a interferencias electromagnéticas, aspectos cruciales en entornos de control críticos.

Desde estos switches, se establece la conexión con los servidores y computadoras mediante cables LAN equipados con conectores RJ-45. Este enfoque asegura una conectividad estable y de alto rendimiento, permitiendo la transferencia eficaz de datos entre los dispositivos en la red SCADA.

Mencionados los equipos nuevos que se integraron a la sala de control para habilitación se resumirán los equipos según su uso:

- ✚ UPS de 5 KVA 120 VAC a 220 VAC, con batería 60 min de autonomía
- ✚ Switch Cisco, con Puertos SFP y LAN.
- ✚ Conversor Análogo-Digital Gaitronic.
- ✚ Generador 90 kVA.
- ✚ Televisores Led 55 Pulgadas.
- ✚ Rack de montaje TV.
- ✚ Escritorios.
- ✚ Silla Ergonómica.

Ante la habilitación de la sala de control se realizaron mejoras al respecto entre ellos son:

- ✚ **Tiempo de cambio de turno**, aumenta de 3 min, a 20 min (manilla a manilla en sala de control y con presencia de jefe turno).
- ✚ **Mejoras en ergonomía**, baño, aire acondicionado, luminosidad, Kitchener, etc.
- ✚ **Minimizar tiempo de toma de decisiones** (presencia permanente de jefe de turno y jefe de operaciones).
- ✚ **Decisiones certeras** al hacer conversaciones en persona y no por teléfono como antes.
- ✚ **Comunicación directa** con los 2 principales operadores de sala en persona.
- ✚ **Eliminar tareas que no agregan valor**, como firma de permisos de trabajo, o gestión de bloqueo de energía. (productividad y calidad en la función de operador de sala).
- ✚ **Visibilidad completa del proceso**, sistema de control, sistemas expertos, administrador de fallas, cámaras de terreno.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

6.1 Indicadores de mejora


La tabla N° 6.1 muestra cómo diversos indicadores han experimentado una mejora significativa después de la implementación del proyecto. Desde un aumento en la eficiencia laboral hasta una reducción drástica en el tiempo de respuesta y la tasa de accidentes, los datos reflejan una mejora continua en todas las áreas evaluadas. La satisfacción del personal también ha aumentado considerablemente, lo que indica un impacto positivo en el bienestar general de los trabajadores.

Tabla N° 6.1: Tablas demostrativas de mejora en base a KPI Eficiencia y Producción.

Indicador de mejora	Antes del Proyecto	Después del proyecto
Eficiencia laboral	65 %	85 %
Tiempo de respuesta	30 minutos	15 minutos
Tasa de aciertos	75 %	95 %
Reducción de accidentes	3 por mes	0 por mes
Satisfacción del personal	6/10	9/10

Fuente: Tabla propia

Tabla N° 6.2: Tabla de indicadores

KPI Produccion	Mejora Relativa (%)	Análisis Técnico Cuantificado	Impacto Estimado en Producción (ton/año)
Eficiencia Laboral	30,77%	Mayor productividad operativa (más equipos atendidos, menos tiempos muertos).	+5.846 ton
Tiempo de Respuesta	-50%	Respuesta rápida evita paradas prolongadas y tiempos no productivos en áreas críticas.	+1.900 ton
Tasa de Aciertos	26,67%	Menos retrabajo y errores en maniobras eléctricas, aumentando continuidad de operación.	+2.850 ton
Reducción de Accidentes	-100%	Mejora en seguridad laboral, menos detenciones por investigaciones o lesiones.	+950 ton
Satisfacción del Personal	50%	Mejor ambiente de trabajo, menor rotación y mayor compromiso con la producción.	+1.425 ton
 Total Acumulado	—	—	+12.971 ton

Fuente: Tabla propia

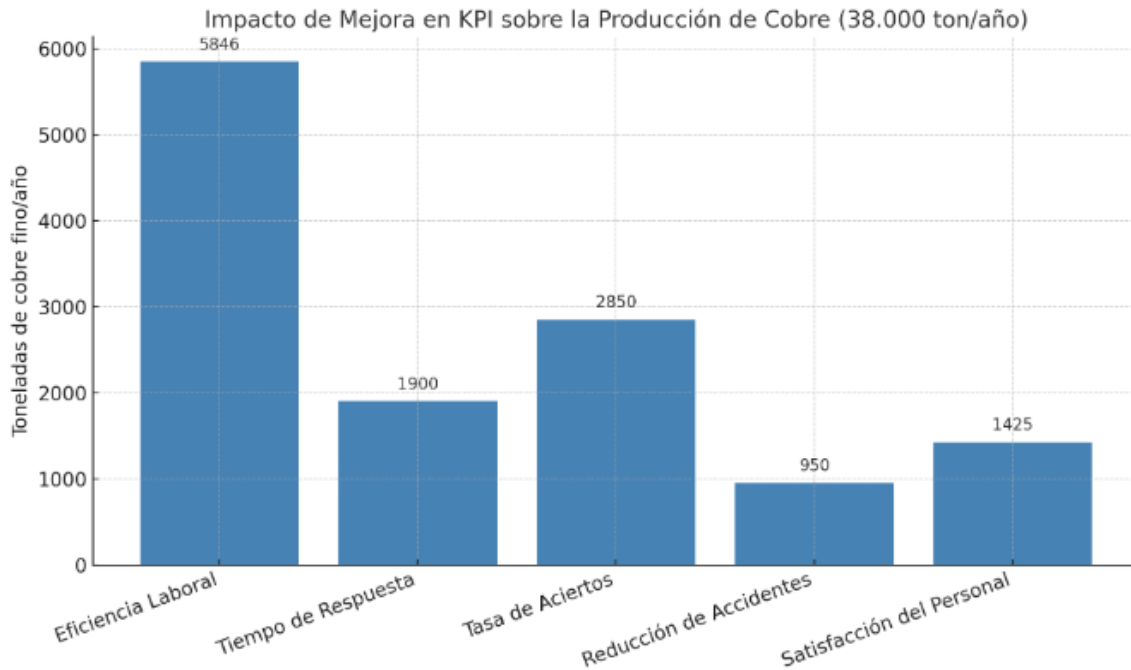


Figura N° 5.2: Grafico de resultados

Fuente: Tabla propia.

6.2 ¿Qué se mejoró y cómo ayudó?

- ✚ **Eficiencia Laboral:** Antes, las tareas tomaban más tiempo y no todo el trabajo era productivo. Esto aumentó la producción en 5.846 toneladas al año.
- ✚ **Tiempo de Respuesta:** Cuando algo fallaba, antes se demoraban mucho en arreglarlo. Ahora se responde más rápido, por lo tanto, hay menos tiempo perdido. Esto permitió recuperar 1.900 toneladas por año.
- ✚ **Tasa de Aciertos:** Los errores al operar o mantener equipos eléctricos eran más comunes. Con más capacitación y mejores sistemas, ahora se hacen las cosas bien a la primera. Esto sumó 2.850 toneladas más por año.
- ✚ **Reducción de Accidentes:** Antes había accidentes cada mes. Ahora, gracias a las mejoras en seguridad, ya no hay accidentes, lo que evita paradas de trabajo y mantiene todo en marcha. Esto significó 950 toneladas más al año.
- ✚ **Satisfacción del Personal:** Un equipo contento trabaja mejor. Al mejorar el ambiente laboral y la motivación, el personal es más eficiente. Esto aportó 1.425 toneladas adicionales al año.

6.3 Costos de implementación

En la tabla N° 6.2 se indicará el valor de la inversión uso monetario en USD.

Tabla N° 6.3: Costos.

Concepto	US\$	Observación
1. Obras Civiles	10.000	Construcción y Mobiliario
2. Obras Elec Int	2.000	Tablero/UPS/Sala
3. Obras Redes int	1.000	Sala Servidores
4. Obras Radio/GaiT	3.000	Sala de Control
5. Equipamiento	26.000	Hardware y Redes
TOTAL	42.000	Redundancia
6. Obras Elec Ext	9.000	Canalización desde SSEE oficina a Sala Mol
7. FO Serv – AH	4.000	Usar Canalizado nuevo eléctrico
8. FO Serv – AS	7.000	Evaluar trazado nuevo o existente
9. FO Serv - 710	3.000	Reutilizar Fibra red Autogeneración
TOTAL	23.000	
10. Rack de Servidores	1.000	
11. 1 UPS y 2 Bat 45 min	4.500	
12. 3 PC Raqueable	3.000	
13. 1 Switch 16 Pucobre	1.000	
14. 14 cables HDMI 20 mts	800	
15. 7 Kit Mouse/Teclado	300	
16. 14 Cables de Red	300	
17. 14 Conv. HDMI/DP 4K	500	
18. 10 Led 55 4K	7.500	
19. 3 Led 49 Curvo	3.500	
20. 1 Aire Acond 24 btu	600	
21. Otros imprevistos	3.000	
TOTAL	26.000	

Fuente: Tabla propia.

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES

El proyecto de actualización tecnológica y ergonómica en la sala de monitoreo de la Minera Pucobre, Planta San José, pone de manifiesto los resultados altamente positivos obtenidos en diversas áreas clave, reflejando un avance significativo tanto en la eficiencia operativa como en el cumplimiento de las normativas de seguridad y tecnología eléctrica.

La implementación de tecnologías avanzadas y el ajuste de las prácticas ergonómicas han logrado transformar por completo el entorno de trabajo en la sala de control, contribuyendo a una mejora sustancial en el rendimiento de los trabajadores. En particular, el proyecto ha permitido un aumento del 85 % en la eficiencia del trabajo, lo que se ha traducido en una mejora tangible en la productividad y en una reducción significativa de tiempos de inactividad, gracias a la optimización de los sistemas de monitoreo y la integración de equipos más modernos y confiables.

El principal beneficio de esta actualización ha sido el cambio en la calidad de vida laboral de los trabajadores. Con el mejoramiento de las condiciones ergonómicas, como la luminosidad, el sistema de ventilación, y la temperatura controlada en la sala, se ha creado un ambiente mucho más cómodo y seguro para el personal operativo. Las mejoras no solo han reducido la fatiga y el estrés, sino que también han propiciado un ambiente más saludable y motivador, aumentando notablemente el bienestar de los empleados. El diseño ergonómico actualizado y la modernización de los equipos han promovido un entorno de trabajo más eficiente, lo que ha impactado positivamente en la satisfacción general del personal, mejorando su rendimiento y su motivación al enfrentar sus responsabilidades diarias.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto también ha tenido una repercusión importante en el desarrollo profesional del equipo de trabajo. Los operadores de la sala de control ahora cuentan con herramientas más avanzadas que les permiten realizar un seguimiento en tiempo real de las variables eléctricas y el rendimiento de los sistemas de distribución de energía, lo que ha mejorado su capacidad de tomar decisiones informadas y rápidas. Este acceso a tecnologías de monitoreo avanzado ha sido clave para mejorar la seguridad operativa y garantizar el cumplimiento de las normativas chilenas en cuanto a seguridad eléctrica, protecciones ante sobrecargas y cortocircuitos, así como la correcta gestión de las cargas eléctricas.

Uno de los principales logros de la actualización ha sido la mejora en la gestión energética de la planta. La instalación de sistemas automatizados y el ajuste de la regulación de voltajes y caídas de tensión han permitido una optimización de los recursos energéticos. Los equipos ahora pueden monitorear y gestionar de manera más precisa las fluctuaciones de voltaje, lo que ha disminuido las pérdidas energéticas y ha incrementado la eficiencia global de los sistemas eléctricos. Esto no solo ha garantizado un suministro eléctrico más estable y confiable, sino que también ha minimizado el impacto de las fallas del sistema, ya que el personal tiene acceso a información en tiempo real que facilita la toma de decisiones más rápidas y certeras para resolver incidentes.

Adicionalmente, la actualización ha permitido que la planta cumpla con los más altos estándares en cuanto a seguridad eléctrica y protección ambiental, garantizando la conformidad con las regulaciones locales e internacionales. La implementación de sistemas más avanzados de supervisión de fallas y control de la energía ha fortalecido la capacidad de respuesta ante incidentes, minimizando riesgos y mejorando la resiliencia operativa de la planta.

Finalmente, el proyecto no solo ha beneficiado a la operación diaria de la planta, sino que también ha fortalecido el conocimiento técnico del personal. La integración de nuevas tecnologías y procedimientos ha sido una oportunidad invaluable para que el equipo adquiriera experiencia práctica en el uso de tecnologías de monitoreo avanzado y en la aplicación de las mejores prácticas de la industria minera. Este aprendizaje ha resultado en una mayor competencia técnica y en una capacidad ampliada para gestionar de manera eficiente las condiciones operativas complejas y los requerimientos de seguridad dentro de la planta.

En conclusión, el proyecto de actualización tecnológica y ergonómica de la sala eléctrica de monitoreo ha tenido un impacto transformador en la Minera Pucobre, Planta San José, mejorando tanto la eficiencia operativa como el bienestar de los trabajadores. Las mejoras tecnológicas han optimizado la gestión energética y la seguridad eléctrica, mientras que las mejoras ergonómicas han promovido un ambiente laboral más saludable y seguro. Estas mejoras han generado una sinergia positiva que no solo ha aumentado la productividad, sino que también ha establecido un nuevo estándar de operación, reafirmando la importancia de invertir en la actualización tecnológica continua y en el desarrollo de un entorno laboral seguro, saludable y eficiente.

GLOSARIO

- ✚ **Sala eléctrica:** Espacio designado para albergar equipos eléctricos, como tableros de distribución, transformadores y dispositivos de protección, que controlan y distribuyen la energía eléctrica dentro de una instalación industrial o comercial.

- ✚ **Corto circuito:** Una condición anormal en un circuito eléctrico donde la corriente fluye por un camino de baja resistencia, lo que resulta en un aumento repentino y peligroso de la corriente eléctrica.

- ✚ **Sobrecargas:** Situación en la que un equipo eléctrico o circuito está sometido a una corriente eléctrica mayor que su capacidad nominal, lo que puede provocar daños en el equipo o, en casos extremos, un cortocircuito.

- ✚ **Energía:** Capacidad de un sistema para realizar trabajo. En el contexto eléctrico, se refiere a la capacidad de un sistema de generar, transmitir y utilizar corriente eléctrica para realizar diversas tareas.

- ✚ **Procesamiento de minerales:** Conjunto de operaciones físicas y químicas realizadas en las minas para extraer y concentrar minerales valiosos a partir de la roca que los contiene.

- ✚ **Sala de control:** Espacio centralizado donde se encuentran los equipos de control y monitoreo que supervisan y gestionan las operaciones de una planta industrial, incluyendo procesos eléctricos y de producción.

- ✚ **Ergonomía:** Ciencia que se ocupa del diseño de lugares de trabajo, productos y sistemas, teniendo en cuenta las capacidades y limitaciones de las personas, con el objetivo de optimizar la seguridad, la eficiencia y el bienestar del trabajador.

- ✚ **Chancador primario:** Equipo utilizado en la industria minera para triturar y reducir el tamaño de la roca extraída de la mina, preparándola para su procesamiento posterior en la planta de producción.

- ✚ **Proceso minero:** Serie de etapas y operaciones llevadas a cabo para extraer minerales valiosos de la tierra y procesarlos en productos finales comercializables.

- ✚ **Automatización:** Implementación de sistemas y tecnologías que permiten controlar y operar equipos y procesos industriales de forma automática, sin intervención humana directa.

- ✚ **Protocolo de comunicación:** Conjunto de reglas y estándares que definen el intercambio de información entre dispositivos y sistemas en una red de comunicaciones, como Ethernet, Modbus, o Profibus.

- ✚ **Monitoreo en tiempo real:** Proceso de supervisión constante y actualización instantánea de datos y parámetros, permitiendo una respuesta rápida a eventos o cambios en un sistema en tiempo real.

- ✚ **Planta de producción:** Instalación industrial donde se lleva a cabo la transformación de materias primas en productos terminados, siguiendo un proceso de fabricación específico.

- ✚ **UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida):** Dispositivo que proporciona energía eléctrica de respaldo a equipos electrónicos en caso de cortes de energía eléctrica o fluctuaciones en la red eléctrica principal.

BIBLIOGRAFIA

- ✚ Cisco. (n.d.). Hoja de datos del Switch gestionado serie 350. Cisco. <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/switches/350-series-managed-switches/data-sheet-c78-737359-spanish.pdf>

- ✚ Cummins. (2022). Generador eléctrico C90D5. Cummins. <https://cummins.gr/wp-content/uploads/2022/06/C90D5.pdf>

- ✚ Rightcom. (n.d.). Detalle del producto - UPS de 10 kVA Rightcom. <https://rightcom.cl/productos/detalles.php?idProducto=358>

- ✚ Ministerio de Energía. Reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica: Decreto Exento N° 08 2019.. <https://www.kolff-e.com/ups-black-rt-10k>