



Diseño de Tableros Eléctricos y Actualización SE Bahía Garret, Providencia.

Michael Zapata Monsalve

Informe final correspondiente a semestre de industria, presentado para optar al título de Ingeniero
Electricista

Asesor

Jaime Alejandro Valencia Velásquez, Doctor (PhD) en Ingeniería Eléctrica

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Eléctrica
Medellín, Antioquia, Colombia
2024

Cita	Zapata Monsalve [1]
Referencia	[1] M. Zapata Monsalve, "Diseño de Tableros Eléctricos y Actualización SE Bahía Garret, Providencia.", Trabajo de grado profesional, Ingeniería Eléctrica, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2024.

Estilo IEEE (2020)



Centro De Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Noé Mesa Quintero.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi amado padre, madre y hermano, quienes han sido mi fuente de inspiración, apoyo incondicional y ejemplo de perseverancia. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por ser mi mayor motivación en este camino académico. A mis compañeros de carrera, por compartir risas, desafíos y momentos inolvidables; su amistad y colaboración fueron fundamentales para alcanzar este logro. A los profesores, por su dedicación, conocimientos compartidos y guía académica, que han enriquecido mi aprendizaje y han contribuido a mi desarrollo profesional. Este trabajo de grados está dedicado a todos ustedes, quienes han dejado una huella profunda en mi vida y han sido parte indispensable de mi formación.

TABLA DE CONTENIDO

Diseño de Tableros Eléctricos y Actualización SE Bahía Garret, Providencia.....	1
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	11
A. Objetivo general	11
B. Objetivos específicos.....	11
III. MARCO TEÓRICO	12
IV. METODOLOGÍA	13
V. RESULTADOS	14
A. TABLEROS ELÉCTRICOS	14
1. Tablero de Control Eléctrico y de Granja Principal.....	15
2. Tablero de Control Eléctrico y de Granja Respaldo	19
3. Tablero de Sistemas Complementarios	24
B. ACTUALIZACIÓN DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA BAHÍA GARRET.....	29
1. Celda de generación número 1.....	29
2. Celda de transformación número 1.	38
VI. ANÁLISIS	42
1. Tableros.....	42
2. Actualización de Celda.....	42
VII. CONCLUSIONES	43
REFERENCIAS	44

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SICOM 3028 GPT.	15
Tabla 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SICOM 3024P.	15
Tabla 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SICOM 3000A.....	16
Tabla 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SERVIDOR SCADA/PPC.....	16
Tabla 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GPS PTS-10A.....	17
Tabla 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS IED DE SERVICIOS AUXILIARES.....	18
Tabla 7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS IHM.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Lista de Materiales del Tablero.	20
Figura 2. Dimensiones del Tablero.	21
Figura 3. Vistas Laterales del Tablero.	21
Figura 4. Vistas del Tablero con los Equipos.....	22
Figura 5. Vistas Externas del Tablero.	23
Figura 6. Consumibles del Tablero.	23
Figura 7. Esquema de equipos.....	25
Figura 8. Conexionado de equipos.....	26
Figura 9. Lista de Cableado Interno.	27
Figura 10. Lista de Materiales.....	28
Figura 11. Lista de Conexionado de los Bornes.....	29
Figura 12. Señales de corriente aguas arriba del generador.....	30
Figura 13. Señales de corriente aguas abajo del generador.....	31
Figura 14. Señales de corriente que quedan disponibles.....	32
Figura 15. Señales de tensión.....	33
Figura 16. Alimentación.....	34
Figura 17. Señales de disparo.....	35
Figura 18. Señal de cierre.....	36
Figura 19. Relé repetidor -K2.	37
Figura 20. Señales en borneras.....	38
Figura 21. Vista frontal.	39
Figura 22. Vista lateral izquierda y derecha.....	39
Figura 23. Vista isométrica.	40
Figura 24. Vista frontal sin puerta.....	40
Figura 25. Vista isométrica sin tapa.	41
Figura 26. Vista puerta.	41

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

SE: Subestación Eléctrica

SFP: Small Form-factor Pluggable (conector óptico pequeño)

RJ45 port: Puerto RJ45 (conector estándar utilizado para redes Ethernet)

IRIG B: Inter-Range Instrumentation Group Time Code Format B (formato de código de tiempo del Grupo de Instrumentación de Intervalo)

PTP: Precision Time Protocol (Protocolo de Tiempo de Precisión)

HSR: High-availability Seamless Redundancy (Redundancia Sin Fisuras de Alta Disponibilidad)

PRP: Parallel Redundancy Protocol (Protocolo de Redundancia Paralela)

PPC: Plant Protection and Control (Protección y Control de Planta)

IHM: Interface Homemáquina (Interfaz Hombre-Máquina)

MCB: Miniature Circuit Breaker (Interruptor Automático en Miniatura)

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en el diseño y la optimización de tableros eléctricos y la actualización del cubículo de control de algunas celdas. El objetivo principal es mejorar la eficiencia, seguridad y fiabilidad del sistema eléctrico. La metodología incluye la disposición estratégica de los componentes dentro del tablero, utilizando un diseño con doble fondo que separa los equipos de control y comunicación de los componentes de protección, como MCBs y borneras, optimizando el espacio y facilitando el mantenimiento. Se emplea el software ELCAD para el diseño del diagrama de conexiónado, lo que permite una planificación detallada y una ejecución precisa de las conexiones eléctricas.

En la actualización de la celda, se reemplazan relés antiguos por modelos más modernos, y se reconfiguran las señales de corriente y tensión. Este proceso incluye la retirada de relés obsoletos y la instalación de nuevas borneras para garantizar una alimentación adecuada y una mayor eficiencia operativa. Además, se simplifican los circuitos de disparo y cierre, consolidando contactos y mejorando la integridad y el rendimiento del sistema. Se incorporan nuevos relés repetidores para manejar señales lumínicas y de estado del interruptor, aumentando la visibilidad y control del sistema.

Los resultados obtenidos demuestran una significativa mejora en la disposición y seguridad del tablero eléctrico, así como en la eficiencia y fiabilidad del sistema de protección de la celda. Las conclusiones destacan la importancia de la organización lógica y la modernización de los componentes, que no solo facilitan el mantenimiento y la operación, sino que también cumplen con los estándares y normativas actuales, permitiendo futuras expansiones sin complicaciones.

***Palabras clave* — Tableros eléctricos, celdas eléctricas, modernización, Conexiónado.**

ABSTRACT

This work focuses on the design and optimization of electrical panels and the upgrade of the control cubicle of several cells. The main objective is to enhance the efficiency, safety, and reliability of the electrical system. The methodology includes strategically arranging components within the panel, utilizing a double-bottom design that separates control and communication equipment from protection components such as MCBs and terminals, optimizing space and facilitating maintenance. The ELCAD software is used for designing the connection diagram, allowing detailed planning and precise execution of electrical connections.

In the cell upgrade, old relays are replaced with modern models, and current and voltage signals are reconfigured. This process involves removing obsolete relays and installing new terminals to ensure adequate power supply and higher operational efficiency. Additionally, trigger and closure circuits are simplified by consolidating contacts, thereby enhancing system integrity and performance. New repeater relays are integrated to manage light signals and switch status, improving system visibility and control.

The results demonstrate significant improvements in the arrangement and safety of the electrical panel, as well as in the efficiency and reliability of the cell protection system. The conclusions emphasize the importance of logical organization and component modernization, not only facilitating maintenance and operation but also complying with current standards and regulations, allowing for future expansions without complications.

***Keywords* — Electrical panels, electrical cells, modernization, Wiring / Connections.**

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enfocará en dos proyectos fundamentales que buscan fortalecer la infraestructura eléctrica en Providencia. El primero, titulado "Ingeniería Parque Solar Providencia", se centrará en la ingeniería de detalle de tableros eléctricos para la comunicación del parque solar, la disposición física de los tableros, así como la elaboración detallada de diagramas de conexión y listados de conexionado. Por otro lado, el segundo proyecto, denominado "Ingeniería Retrofit SE Bahía Garret Providencia", se concentrará en la actualización de celdas en la Subestación Bahía Garret. Un componente esencial de este proyecto será la realización efectiva de la actualización (Retrofit), abordando la necesidad imperante de mejorar la eficiencia y seguridad de estas instalaciones críticas.

Ambos proyectos no solo representan desafíos técnicos, sino que también son vitales para optimizar la infraestructura eléctrica en Providencia. El diseño preciso de tableros, junto con la modernización de las celdas en la Subestación Bahía Garret, se presenta como una respuesta estratégica a la demanda de mejorar la eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad del sistema eléctrico en la región. A lo largo de este trabajo, se explorarán los detalles de estas iniciativas, abordando los objetivos específicos, el marco teórico que sustenta cada tarea, y la importancia de cumplir con normativas específicas para garantizar el éxito y la seguridad de los proyectos.

II. OBJETIVOS

A. *Objetivo general*

Apoyar la ejecución de los proyectos de la empresa Acema Ingeniería SAS mediante el diseño eficiente de tableros eléctricos y la actualización de las celdas en la Subestación Eléctrica Bahía Garret, Providencia.

B. *Objetivos específicos*

- Diseñar tableros eléctricos que cumplan con estándares de calidad y seguridad.
- Realizar una disposición física de tableros que optimice el espacio y garantice la seguridad en la instalación.
- Elaborar un diagrama detallado que visualice claramente la conexión entre los diferentes componentes eléctricos.
- Generar un listado completo de conexionado que sirva como guía durante la implementación y futuras labores de mantenimiento.
- Realizar la actualización de Celdas en SE Bahía Garret.

III. MARCO TEÓRICO

En el año 1996, como respuesta a las condiciones imperantes en el recién creado departamento Archipiélago, surge la SOCIEDAD PRODUCTORA DE ENERGÍA DE SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA S.A. E.S.P. «SOPESA S.A. E.S.P.», una iniciativa privada concebida para atender las necesidades básicas de los habitantes del territorio insular. Esta entidad se estableció con el propósito principal de garantizar el suministro de energía eléctrica y la disponibilidad de potencia para las Islas, en particular, para las comunidades de Providencia y San Andrés. En el caso específico de Providencia, SOPESA S.A. E.S.P. instaló unidades de generación que en conjunto totalizan una capacidad instalada de 3.545 KW, desempeñando así un papel crucial en el suministro energético de la isla [1].

Dentro de los objetivos trazados por SOPESA S.A. E.S.P., se encuentra la necesidad de llevar a cabo el Retrofit o actualización de Celdas en la Subestación (SE) Bahía Garret. Estas celdas se distribuyen de la siguiente manera: tres celdas corresponden a la generación, dos celdas son destinadas para la salida de las líneas de distribución, y otras cuatro restantes están asociadas a la transformación de la energía. La modernización de estas celdas se vuelve esencial para garantizar la eficiencia y seguridad continuas del sistema eléctrico en Providencia. Estas celdas, que son componentes críticos en la infraestructura eléctrica, requieren un proceso de actualización para cumplir con los estándares de seguridad y eficiencia establecidos, garantizando así un suministro eléctrico seguro y sostenible para la comunidad [2].

Además, en el contexto de la iniciativa de Ecopetrol para construir la primera granja solar en Providencia, se requiere la instalación de tableros eléctricos para el adecuado funcionamiento del parque solar. Los tableros eléctricos son dispositivos que concentran los elementos de conexión, control, protección, medición y distribución en una instalación eléctrica. Estos tableros son fundamentales para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de generación de energía solar, así como para garantizar la integridad y seguridad de la instalación en su conjunto. La instalación adecuada y el mantenimiento de estos tableros eléctricos son críticos para maximizar la eficiencia y la producción de energía del parque solar, contribuyendo así al suministro de energía renovable en Providencia y promoviendo la transición hacia un sistema eléctrico más sostenible [3-4].

IV. METODOLOGÍA

Con el propósito de cumplir con los objetivos mencionados anteriormente, se han trazado una serie de tareas fundamentales que abordan tanto el diseño de tableros eléctricos como la actualización de la Subestación Bahía Garret en Providencia. Estas acciones se han planeado y estructurado con sumo cuidado y atención, con el objetivo primordial de garantizar la eficiencia, seguridad y el estricto cumplimiento de los estándares técnicos

En una primera instancia, se llevará a cabo la disposición física de los tableros mediante el uso de herramientas avanzadas de diseño asistido por computadora. Este proceso, que se ejecutará con la asistencia de software como AutoCAD o EPLAN, permitirá una visualización extremadamente precisa de la distribución de los componentes eléctricos. Esta precisión en la disposición no solo optimizará el espacio disponible, sino que también facilitará de manera notable la instalación y futuras labores de mantenimiento.

Seguidamente, se procederá a elaborar un detallado diagrama de conexión que documente minuciosamente la interconexión entre los diversos componentes eléctricos del tablero. Este paso, de vital importancia para garantizar un funcionamiento correcto y seguro del sistema, se realizará con especial atención y utilizando herramientas especializadas como el software ELCAD. La creación de este diagrama no solo servirá como guía para la instalación, sino que también proporcionará un registro detallado que será de gran utilidad en futuras etapas de mantenimiento y diagnóstico de posibles fallos.

De manera simultánea, se llevará a cabo la actualización de las celdas en la Subestación Eléctrica Bahía Garret. Este proceso, que implica la modernización y mejora de las instalaciones existentes, se enmarca en el compromiso de mantener la infraestructura eléctrica alineada con los estándares actuales de eficiencia y seguridad. Para llevar a cabo esta actualización de manera efectiva, se realizó un levantamiento de las celdas existentes en la subestación eléctrica y se pidieron los planos de conexionado de las celdas. Luego se hará uso nuevamente del software ELCAD y EPLAN para actualizar el diagrama de conexionado de las celdas y la disposición física.

Estas actividades representan un paso significativo hacia la optimización y modernización de la infraestructura eléctrica en Providencia. Al abordar tanto el diseño de tableros como la actualización de subestaciones, se persigue no solo mejorar la confiabilidad y eficiencia del sistema eléctrico, sino también asegurar un suministro eléctrico seguro y sostenible para el bienestar y desarrollo de la comunidad.

V. RESULTADOS

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos en dos partes fundamentales. En la primera parte, se analizan los resultados del diseño de los tableros eléctricos para el proyecto de "Ingeniería del Power Management System (PMS) para el Proyecto Fotovoltaico EPC en la Isla Providencia". Se examinan detalladamente las características y funcionalidades de cada tablero, así como la integración de los equipos de comunicación especificados por el cliente. En la segunda parte, se presentan los resultados del proceso de actualización de las celdas en la Subestación Bahía Garret en Providencia. Se lleva a cabo un análisis de los planos antiguos para determinar qué equipos se cambiarán y se procede a la conexión del nuevo relé que reemplazará todos los antiguos. Además, se realiza un nuevo conexionado y disposición de las celdas, permitiendo así una mejora significativa en la infraestructura eléctrica de la región.

A. TABLEROS ELÉCTRICOS

Un tablero de control es una estructura física que alberga componentes eléctricos, electrónicos o de control y comunicaciones, diseñados para supervisar, regular y proteger sistemas eléctricos o procesos industriales. En un tablero de control típico, se encuentran dispositivos como interruptores, relés, contactores, temporizadores, fusibles, entre otros. Estos elementos se organizan de manera que permitan una gestión eficiente y segura de los sistemas eléctricos o procesos a los que están conectados.

En el diseño y desarrollo de los tableros eléctricos, se persigue un enfoque integral que responda a las particularidades y requerimientos específicos de cada proyecto. En este caso se diseñaron 3 tableros eléctricos y en cada uno nos enfocaremos en un apartado diferente como se menciona a continuación:

En el Tablero de Control Eléctrico y de Granja Principal, nos enfocaremos en el estudio detallado de los equipos que llevara este tablero. Por otro lado, el Tablero de Control Eléctrico y de Granja Respaldo se usa como medida de seguridad ante posibles fallos o contingencias en el principal. En este, el énfasis se pone en la disposición física estratégica de los equipos. Luego, el Tablero de Sistemas Complementarios, se especializa en la gestión de sistemas adicionales como el control de acceso y los sistemas de videovigilancia. Aquí, nos concentramos en el diseño del diagrama de conexionado.

1. Tablero de Control Eléctrico y de Granja Principal

• Equipos de comunicación y especificaciones técnicas

Para este tablero se detallará las especificaciones técnicas de los equipos de comunicación necesarios para el proyecto fotovoltaico en la isla de Providencia. Con el fin de garantizar una comunicación eficiente, segura y confiable, así como un monitoreo y control efectivo para cumplir con los requisitos de eficiencia y seguridad en el funcionamiento del proyecto. Esta sección de equipos de comunicación enumera y describe cada equipo necesario, incluyendo la marca, modelo y cualquier característica específica relevante para su implementación exitosa.

Tabla 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SICOM 3028 GPT.

MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
KYLAND	SICOM 3028 GPT	<ul style="list-style-type: none"> - Switch capa 2 y capa 3 modular gestionable con montaje en rack y con disponibilidad hasta 28 puertos. - Tamaño 19 pulgadas para montaje en rack. - Fuente de alimentación redundante de 100-240VAC,50/60Hz;110-220VDC. - Modulo Redbox, HSR/PRP,2x1000Base-X,100Base-FX SFP port. - Modulo fibra óptica 4x1000Base-X, 100Base-FX SFP port. - Modulo Ethernet 4x10/100Base-T(X) RJ45 port. -Protocolos IEC 61850, IRIG B, PTP, HSR, PRP.

Tabla 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SICOM 3024P.

MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
KYLAND	SICOM 3024P	<ul style="list-style-type: none"> - Switch capa 2 gestionable con montaje en rack y con disponibilidad hasta 28 puertos. - Tamaño 19 pulgadas para montaje en rack.

		<ul style="list-style-type: none"> - Fuente de alimentación redundante de 100-240VAC,50/60Hz;110-220VDC. - Modulo fibra óptica y ethernet 16x100Base-FX,SFP port; 8x10/100Base-T(X) RJ45 port. -Protocolos IEC 61850, RSTP.
--	--	--

Tabla 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SICOM 3000A.

MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
KYLAND	SICOM 3000A	<ul style="list-style-type: none"> - Switch capa 2 gestionable con montaje riel DIN y con disponibilidad hasta 20 puertos. - Fuente de alimentación de 100-240VAC,50/60Hz;110-220VDC. - Puertos (SW-Servicios complementarios) 8x10/100Base-T(X) RJ45 ports - Puertos (SW-Servicios tablero de medición) 2x100Base-X, 1000Base-X, 10/100/1000Base-T(X) SFP ports; 16x10/100Base-T(X) RJ45 ports -Protocolos IEC 61850, TCP/IP, PROFINET, PTP.

Tabla 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SERVIDOR SCADA/PPC.

MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
KYLAND	Hyperie 8300	<ul style="list-style-type: none"> - Funciones SCADA/HMI - Tamaño 19 pulgadas para montaje en rack. - Procesador Intel Core i7 -Sistemas operativo Windows 10, Linux.

		<p>- Fuente de alimentación redundante de 85VAC ~ 264VAC / 100VDC ~ 360VDC.</p> <p>- Puertos Ethernet 6 x 10/100/1000Base-T(X) RJ45 ports 2 x Gigabit SFP slots for fiber SFP module.</p> <p>- Puertos serial 8 x RS232/RS485 ports, DB9.</p> <p>-Protocolos IEC 61850, IEC60870-5 101/103/104, DNP3.0, Modbus TCP/RTU, IRIG-B, TCP/IP.</p>
--	--	---

Tabla 5. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GPS PTS-10A.

MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
KYLAND	PTS-10A	<p>- Tamaño 19 pulgadas para montaje en rack.</p> <p>- Fuente de alimentación redundante de 220VAC/DC(85-264VAC/85-300VDC).</p> <p>- Puertos 2 x1000Base-X SFP slot, 10/100/1000Base-T(X) Combo ports + 2x10/100Base TX RJ45 ports.</p> <p>-Salida 4 BNC ports for IRIG-B (AC), 6 BNC ports for TTL PPS/IRIG-B (DC), 2 DB9 ports for RS232 TOD</p> <p>- Satellite GPS+GLONASS (Dual-channel) (Customizable).</p> <p>-Antena GPS/BDS/GLONASS, N Female Connector.</p> <p>-Protocolos IEC 61850, IRIG-B, NTP, PTP, IEC60870- 5-104, Modbus TCP.</p>

Tabla 6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS IED DE SERVICIOS AUXILIARES.

MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
KYLAND	KYRCM KYDI 1601 KYPM-DC24	- Modulo I/O con montaje en riel DIN. - Fuente de alimentación 24V, 12V DC - Puertos 1 x 10/100Mbps, RJ45 1 x CAN, terminal Phoenix, especificación CAN 2.0B -Número de canales por modulo 16 -Protocolos CAN, servidor Modbus TCP, esclavo Modbus RTU, maestro Modbus RTU.

Tabla 7. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS IHM.

MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
ADVANTECH	TPC-B510	- Fuente de alimentación 24V DC - Puertos 1 x 1GbE and 1 x 2.5GbE 2 x RS-232/422/485 1 x USB 2.0 4 x USB 3.1 -Sistema operativo Windows 10, Linux -Procesador Intel Core i3, i5, i7 -Tipo de pantalla Touch 17 pulgadas - Funciones SCADA/HMI

2. *Tablero de Control Eléctrico y de Granja Respaldo*

- **Disposición física**

La disposición física de un tablero eléctrico es crucial para garantizar su funcionalidad, accesibilidad y seguridad. Esta disposición determina la ubicación y organización de los componentes eléctricos dentro del tablero, asegurando que estén dispuestos de manera lógica y ordenada. Además, para lograr esta disposición, se utilizan algunos de los equipos mencionados en el Tablero de Control Eléctrico y de Granja Principal. Una disposición adecuada facilita el mantenimiento, la inspección y la operación del tablero, permitiendo una rápida identificación y acceso a los dispositivos en caso de emergencia o reparación. Asimismo, una disposición cuidadosa puede contribuir a reducir el riesgo de cortocircuitos, interferencias electromagnéticas y otros problemas eléctricos, al minimizar la posibilidad de contactos accidentales entre componentes. En resumen, la disposición física de un tablero eléctrico es un aspecto fundamental del diseño que busca optimizar su desempeño, seguridad y fiabilidad en el sistema eléctrico en el que se integra.

En la disposición física del tablero, es crucial tener una comprensión clara de los componentes que estarán presentes en su interior. Para ello, se hace una lista de materiales que resume todos los equipos que serán integrados en el tablero. Desde los MCBS hasta las borneras y los rieles DIN, cada elemento ha sido meticulosamente etiquetado con su marca y referencia correspondientes. Esta lista proporciona una visión general de los componentes esenciales que conformarán el tablero, estableciendo así la base para discutir su disposición física con mayor detalle.

Es importante tener en cuenta que el tamaño del tablero es determinado por el cliente, ya que depende del espacio disponible en su instalación. A partir de las dimensiones proporcionadas por el cliente, comenzamos a realizar la distribución de equipos y demás componentes dentro del tablero. Esta personalización garantiza que el diseño se adapte perfectamente a las necesidades y restricciones espaciales del cliente, asegurando una disposición óptima y funcional de todos los elementos en el tablero eléctrico.

LISTA MATERIALES					
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN	MARCA	REFERENCIA	CANTIDAD
1	-	Rack de comunicaciones autosoportado fijo 19" 40U - con doble puerta - Dimensiones - H:2150mm, W:600mm, D:1000mm	-	-	1
2	-	Riel simétrico perforado - NS 35/7.5 tramo 2000mm	Phoenix Contact	NS 35/7.5-	2
3	-	Canaleta de cableado para la instalación y el montaje en armarios de control, gris claro, sin halógenos 60x80, tramo 2000mm	Phoenix Contact	CD-HF 60X80	3
4	-	Tapa para canaleta de cableado 60mm de ancho, gris claro, sin halógenos, tramo 2000mm, ancho 60mm	Phoenix Contact	CD-HF COVER 60	3
5	-	Canaleta de cableado para la instalación y el montaje en armarios de control, gris claro, sin halógenos 80x80, tramo 2000mm	Phoenix Contact	CD-HF 80X80	2
6	-	Tapa para canaleta de cableado 80mm de ancho, gris claro, sin halógenos, tramo 2000mm, ancho 80mm	Phoenix Contact	CD-HF COVER 80	2
7	-TC_01	Tomacorriente dúplex con polo a tierra 2P+T	Legrand	686533	1
8	GND-01	Barra de tierra	-	-	1
	GND-02				1
9	-	Aislador para barraje de 25mm con tornillos y arandelas, SM-25	EBCHQ	34025	4
10	-	Soporte para barras de tierra en lámina	Generico	Generico	2
11	-SER_RESP_01	Servidor SCADA/PPC Respaldo	KYLAND	HYPERIE 8300	1
12	-HMI_01	Interfaz humano máquina de 17"	ADVANTECH	TPC-B510	1
13	-FW_01	Firewall	KYLAND	SICOM3028GPT	1
14	-SW_01	Swich de red	KYLAND	SICOM3024P	1
15	-ODF_01	Distribuidor de fibra óptica de 24 puertos	MICROLINK	-	1
16	-LAMP_01	Lámpara 11 W mas micro de accionamiento integrado 100 V - 240 V, 1~, 50 Hz/60 Hz	RITTAL	SZ 2500.200	1
	-LAMP_02				1
17	-MC_01	Interruptor para sistema de luz LED Con cable de conexión	RITTAL	SZ 2500.470	1
	-MC_02				1
18	-TM_01	Termostato electrónico (Ventilación): -40 a +85°C	Stego	ETR 011	1
19	-VN_01	Ventilador con filtro TopTherm	RITTAL	3237.110	1
20	-PS_01	Power Supply 10A	ABB	SD853	1
21	-X001	Borne de paso de 1 piso	Phoenix Contact	UT 4	6
	-X002				20
	-X004				8
	-X006				8
	-X008				13
	-X010				12
22	-F001	Protección termomagnética MCB bipolar de 4A con auxiliar S2C-H6R	ABB	S202-Z4	1
23	-F002	Protección termomagnética MCB monopolar de 2A con auxiliar S2C-H6R	ABB	S201-Z2	1
	-F004				1
	-F006				1
	-F008				1
	-F010				1
	-F012				1
24	-F014	Protección termomagnética MCB monopolar de 6A con auxiliar S2C-H6R	ABB	S201-Z6	1
	-F016				1
25	-	Panel para riel DIN ajustable de 3U con organizadores horizontales superior e inferior.	-	-	2
26	-	Panel para riel DIN ajustable de 4U con organizadores horizontales superior e inferior.	IAENCLOSURES	RCB1112BK15CD 17	1

Figura 1. Lista de Materiales del Tablero.

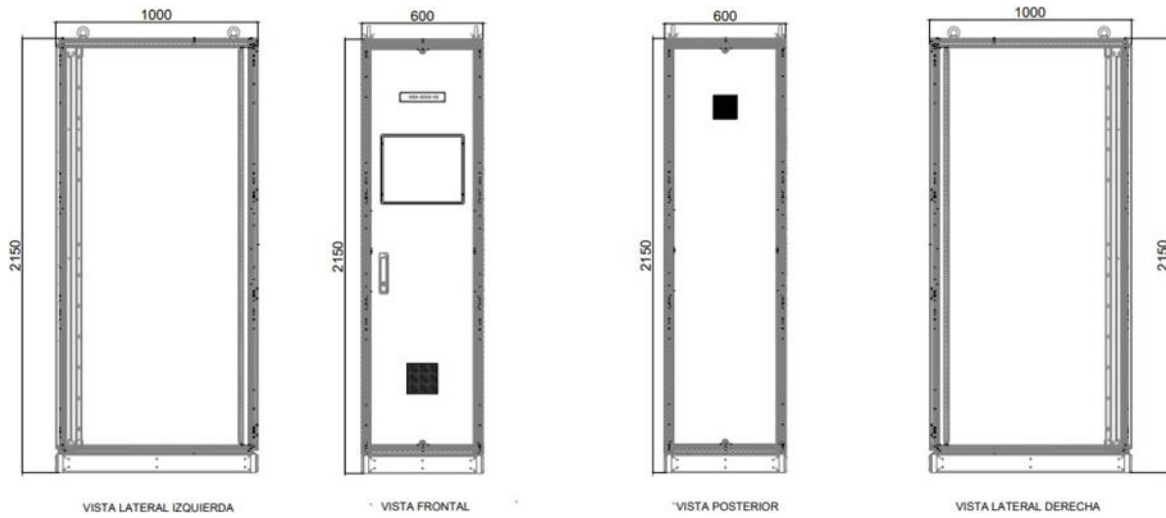


Figura 2. Dimensiones del Tablero.

En este caso por las dimensiones del tablero podemos contar con un doble fondo, esto nos permite agregar en el todo el fondo lo tableros equipos como borneras de paso y MCBs, mientras que también podremos tener un bastidor para montar todos los equipos de control y comunicaciones.

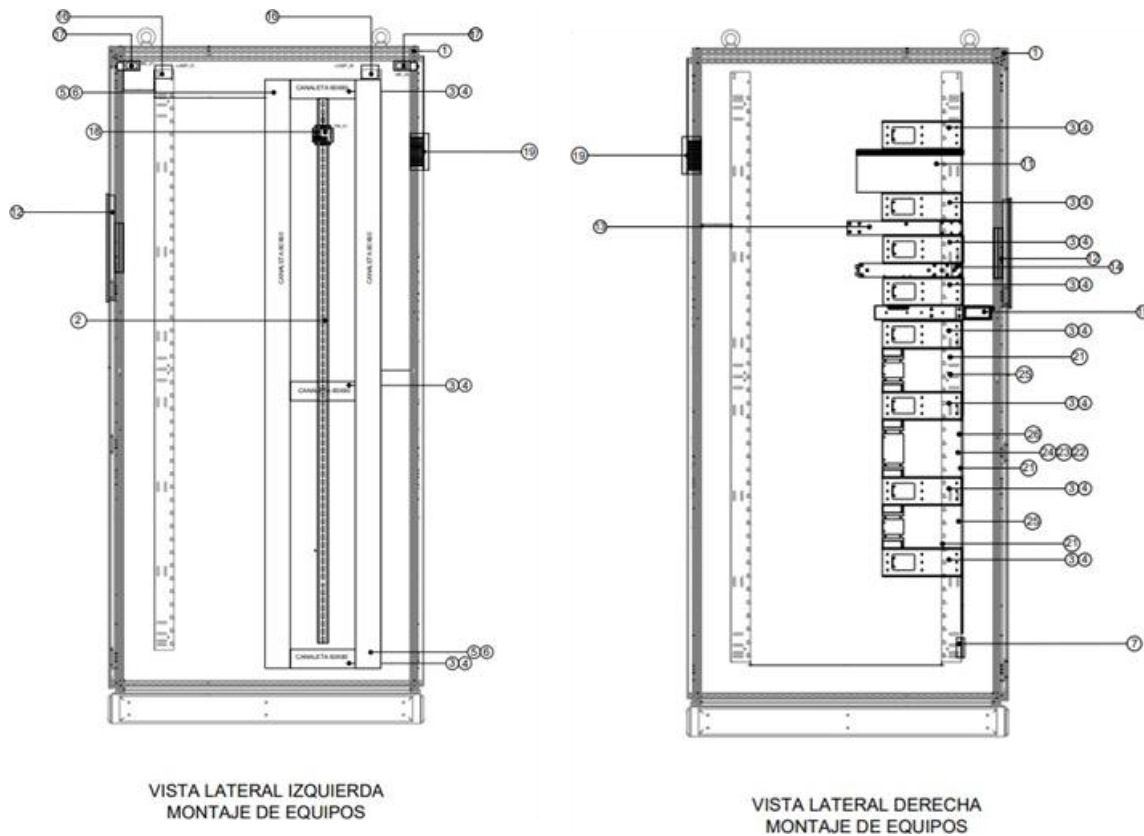


Figura 3. Vistas Laterales del Tablero.

La Figura 3 muestra las vistas laterales del tablero, ofreciendo una perspectiva detallada de su diseño y disposición. Desde estas vistas, se puede apreciar especialmente en la lateral derecha el doble fondo para la distribución de los componentes eléctricos dentro del tablero. Luego, en la Figura 4 se presenta las Vistas del Tablero con los Equipos, donde se destacan todos los componentes mencionados en la lista de materiales. Esta representación gráfica ofrece una visualización detallada de la disposición y ubicación exacta de cada equipo dentro del tablero eléctrico.

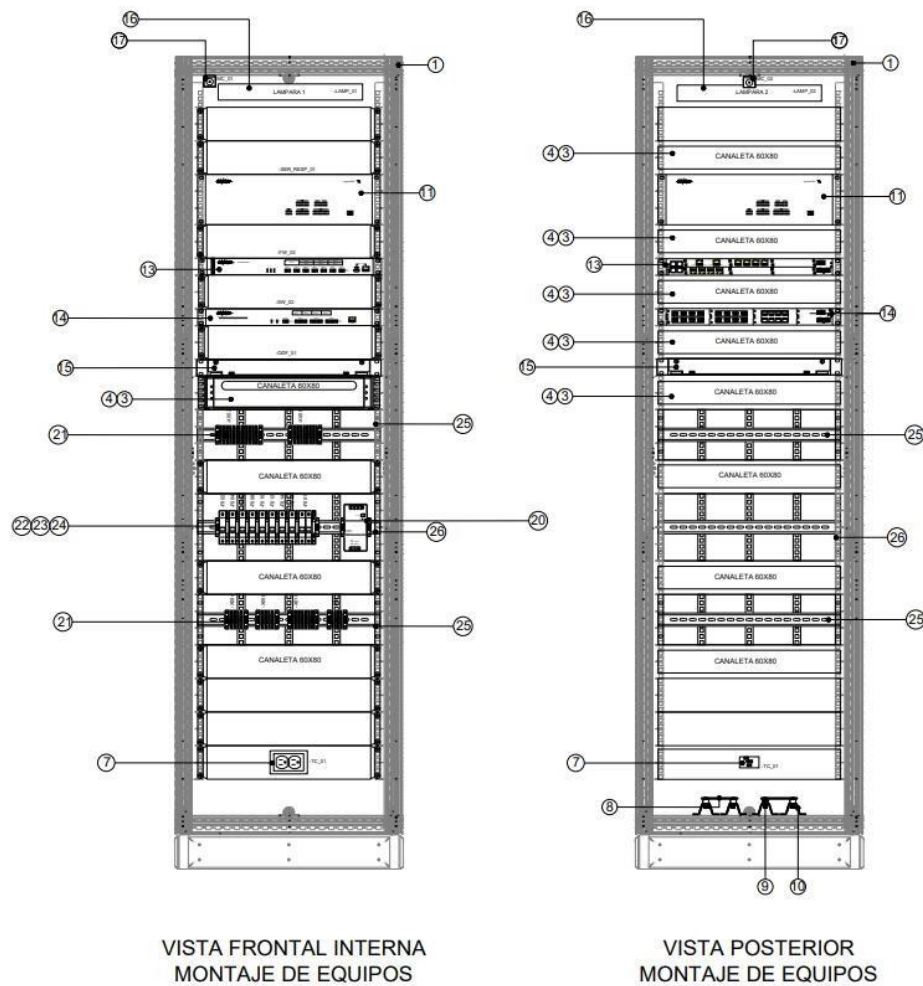


Figura 4. Vistas del Tablero con los Equipos.

En la Figura 5 se tiene una visión exterior detallada de la estructura. Se destaca el zócalo, que proporciona soporte al tablero. Además, se pueden apreciar los ganchos en el techo diseñados para facilitar el levantamiento y transporte del tablero. Estos elementos son fundamentales para asegurar la estabilidad y movilidad del tablero.

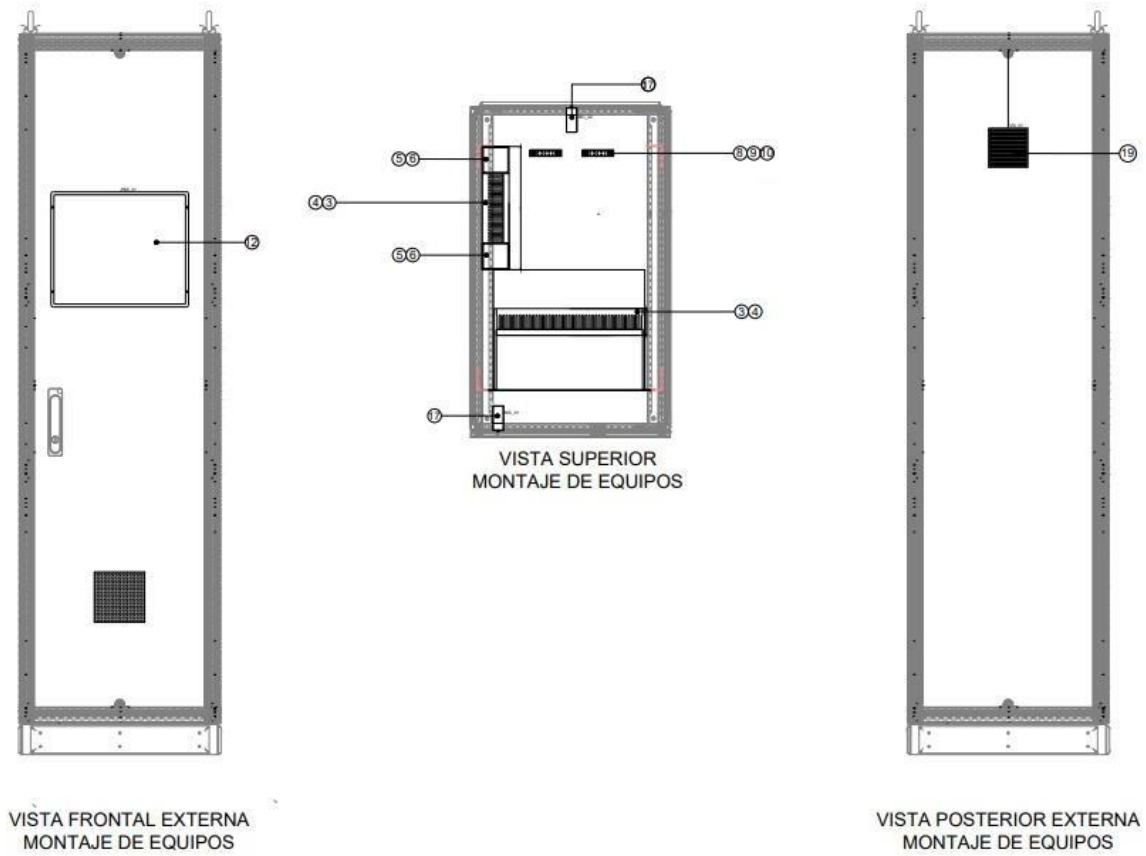


Figura 5. Vistas Externas del Tablero.

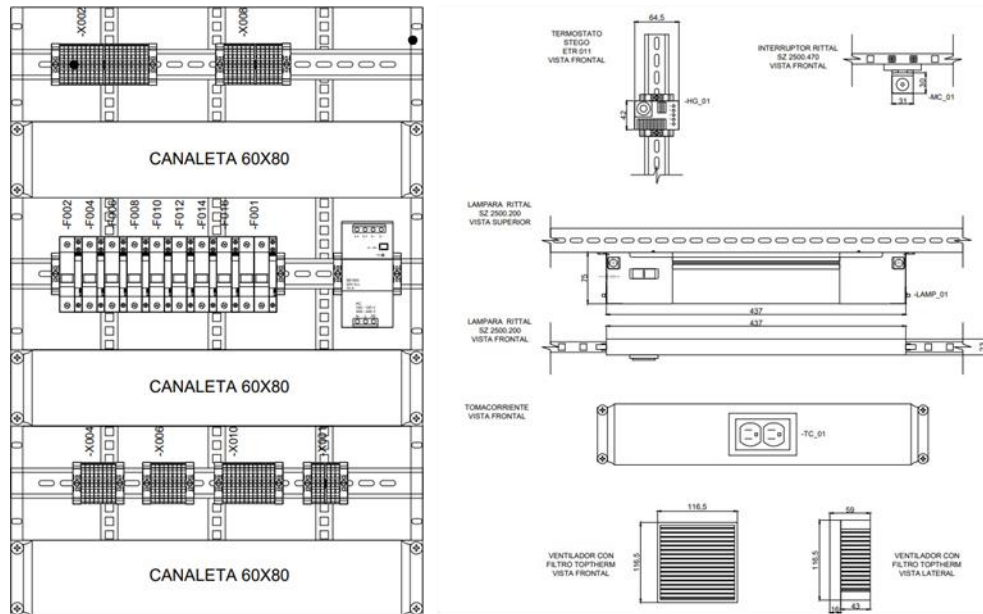


Figura 6. Consumibles del Tablero.

Finalmente, tenemos los consumibles en un tablero eléctrico, tales como los dispositivos de protección como los Mini Interruptores Automáticos MCBs, las borneras, fuentes de corriente alterna a corriente continua (AC/DC), lámparas y tomacorrientes, son esenciales para mantener su funcionamiento óptimo y seguro a lo largo del tiempo. Los MCBs protegen contra sobrecargas y cortocircuitos, mientras que las borneras facilitan la conexión y desconexión de cables eléctricos. Las fuentes AC/DC disminuyen el nivel de tensión a 24 o 48 voltios para alimentar algunos equipos a ese nivel de tensión. Las lámparas del tablero permiten ver en la noche los equipos, y los tomacorrientes permiten la conexión de dispositivos externos.

3. Tablero de Sistemas Complementarios

- **Diagrama de conexionado**

El diagrama de conexionado del tablero eléctrico es una representación visual fundamental que ofrece una guía detallada sobre cómo se interconectan los diferentes componentes eléctricos dentro del tablero. Este diagrama proporciona una visión clara y precisa de las conexiones eléctricas entre los dispositivos, tales como interruptores, relés, contactores, lámparas, fuentes de alimentación, entre otros. Además, sirve como una herramienta invaluable para los ingenieros eléctricos, técnicos y operarios, facilitando la comprensión del sistema y garantizando una correcta instalación, mantenimiento y operación del tablero eléctrico. En este sentido, el diagrama de conexionado es un elemento esencial en el diseño y funcionamiento eficiente de los tableros eléctricos.

Para realizar el conexionado, primero elaboro la hoja Z como se muestra en la Figura 7, que es un esquema que representa todos los puertos de conexión disponibles en los equipos del tablero. Esta hoja me permite visualizar de manera organizada todas las posibles conexiones entre los distintos dispositivos. Una vez completada la hoja Z y teniendo identificados todos los equipos, procedo a calcular la corriente que cada uno de ellos consumirá. Este cálculo se realiza utilizando la ley de Ohm o consultando los datos proporcionados en los manuales de los equipos. Es fundamental determinar con precisión la corriente de cada equipo, ya que esta información guiará la selección de los Mini Interruptores Automáticos (MCBs). Por lo general, las corrientes calculadas suelen ser valores pequeños, lo que exige una cuidadosa selección de los MCBs para garantizar la protección adecuada de los circuitos. Por último, el cableado interno del tablero eléctrico se hace principalmente en calibre 14 AWG debido a los bajos requisitos de corriente de

los equipos instalados, lo que garantiza una distribución eficiente de energía sin comprometer la seguridad ni la eficiencia energética.

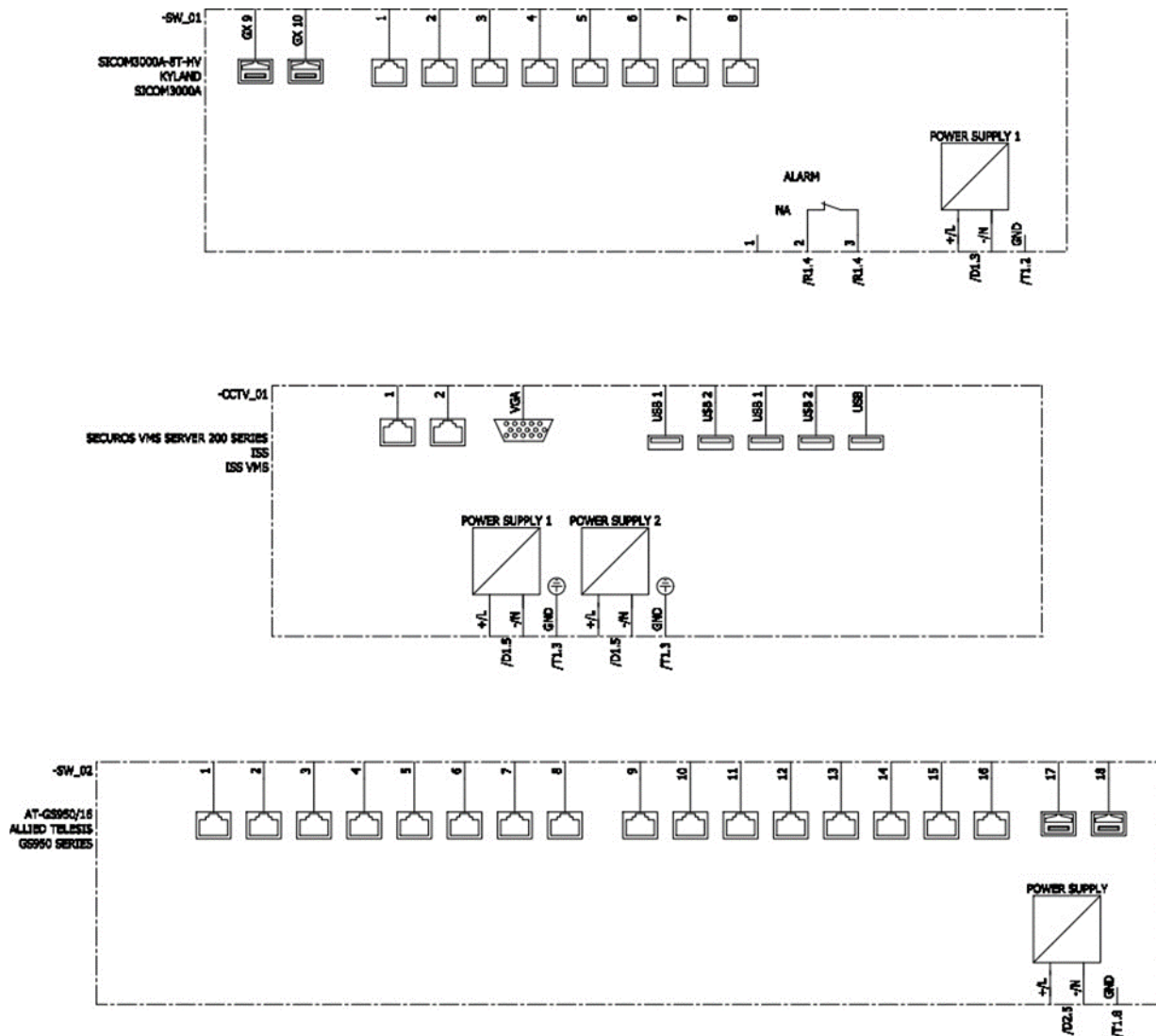


Figura 7. Esquema de equipos

Para llevar a cabo el proceso de conexión, utilizo el software ELCAD, el cual me brinda herramientas avanzadas para realizar una referencia cruzada detallada de los puertos de conexión de los equipos en el tablero. Con esta funcionalidad, puedo visualizar claramente qué puerto de cada equipo está conectado en qué parte de otro equipo. Además, he configurado el software para generar automáticamente un listado de conexión que muestra en una tabla específica qué punto está conectado a qué punto a través de cada cable. Esta tabla proporciona una referencia clara y concisa del conexionado, lo que facilita enormemente el seguimiento y la verificación de todas las conexiones dentro del tablero eléctrico.

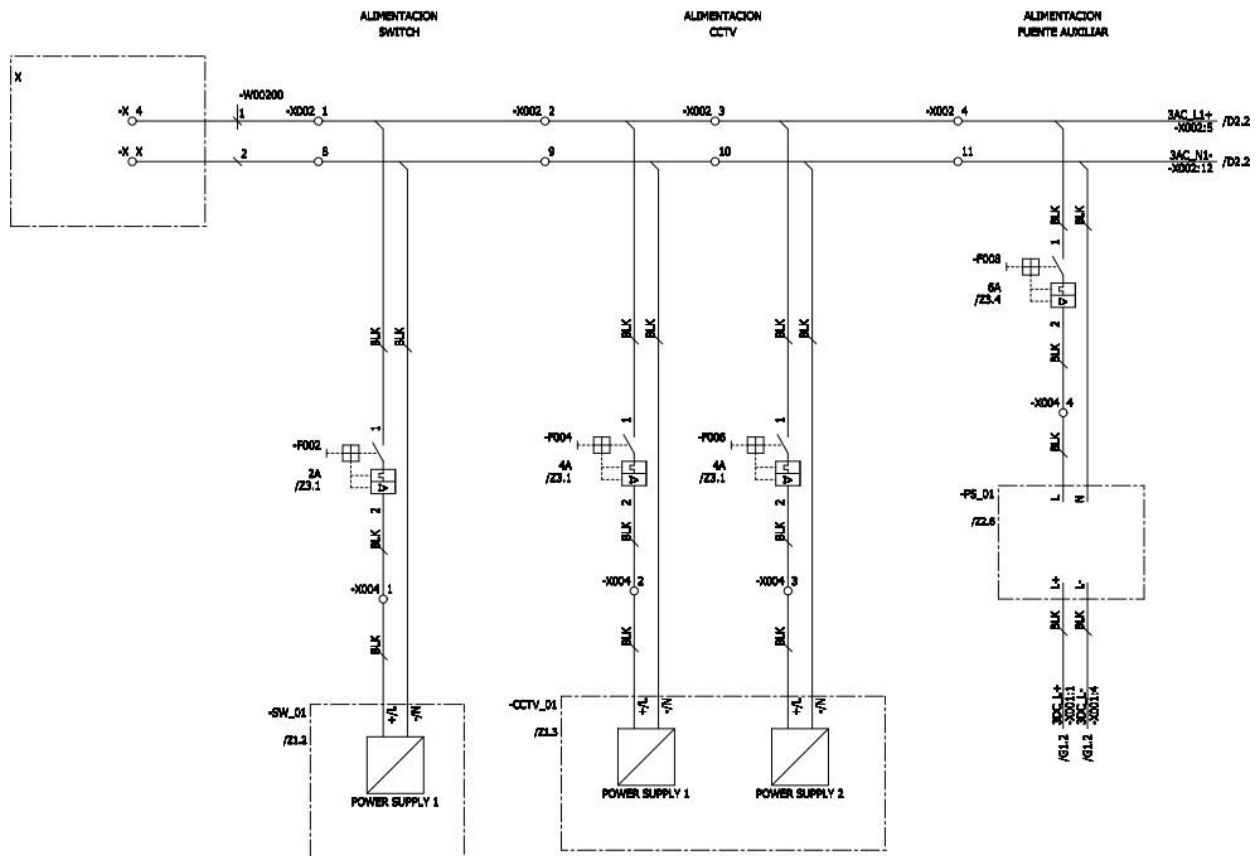


Figura 8. Conexión de equipos.

En la Figura 8, tenemos un rectángulo con una X y bornes X debido a que el cliente aún no ha definido desde que punto en el cuarto de control se va a alimentar este tablero. Luego tenemos los MCBs con su respectiva etiqueta (-F00X), corriente nominal y referencia cruzada (/Z3.1). Además, hay dos grupos de bornes -X002 y -X004 que son los bornes de alimentación principal del tablero ya que desde estos es que alimentamos todos los equipos del tablero, estos están unidos por un símbolo llamado BLK que representa el cable y permite sacar las listas de cableado interno (Figura 9). Finalmente, los recuadros con nombre -SW_01, -CCTV_01 y -PS_01 representan los puertos de alimentación de cada equipo y al igual que en la disposición física tenemos una lista de materiales con las etiquetas, marcas y descripción de los equipos, esto se puede ver a continuación en la Figura 10.

DESTINO 1	SECCION	COLOR	UBICACION	DESTINO 2
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:1	14AWG	BLK	/D1.3	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F002:1
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:8	14AWG	BLK	/D1.3	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-SW_01:-/N
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:1	14AWG	BLK	/D1.3	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-SW_01:+/L
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:1	14AWG	BLK	/D1.3	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F002:2
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:9	14AWG	BLK	/D1.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-CCTV_01:-/N
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:2	14AWG	BLK	/D1.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-CCTV_01:+/L
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:3	14AWG	BLK	/D1.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-CCTV_01:+/L
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:3	14AWG	BLK	/D1.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F006:2
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:2	14AWG	BLK	/D1.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F004:2
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:2	14AWG	BLK	/D1.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F004:1
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:3	14AWG	BLK	/D1.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F006:1
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:10	14AWG	BLK	/D1.6	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-CCTV_01:-/N
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:4	14AWG	BLK	/D1.7	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F008:2
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:4	14AWG	BLK	/D1.7	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F008:1
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:4	14AWG	BLK	/D1.7	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-PS_01:L
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:11	14AWG	BLK	/D1.7	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-PS_01:N
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X001:1	14AWG	BLK	/D1.7	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-PS_01:L+
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X001:4	14AWG	BLK	/D1.7	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-PS_01:L-
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:5	14AWG	BLK	/D2.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F012:1
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X002:12	14AWG	BLK	/D2.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-SW_02:-/N
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:5	14AWG	BLK	/D2.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-SW_02:+/L
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X004:5	14AWG	BLK	/D2.5	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-F012:2
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X006:2	14AWG	BLK	/D3.3	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-MC_01:1
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X006:5	14AWG	BLK	/D3.7	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-TC_01:L
+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-X006:11	14AWG	BLK	/D3.7	+TABLERO DE SERVICIOS COMPLEMENTARIO:-TC_01:N

Figura 9. Lista de Cableado Interno.

ITEM	FABRICANTE MODELO	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UBICACIÓN
-CCTV_01	ISS SECUROS VMS SERVER 2	ISS VMS	NVR para CCTV comunicaciones	1	/Z1.3
-F001	ABB S202-Z	S202-Z 6	Proteccion termomagnetica MCB de 2A Bipolar-Curva Z	1	/Z3.4
-F001	ABB S2C	S2C+6R	Contacto auxiliar	1	/Z3.4
-F002	ABB S201-Z	S201-Z 2	Proteccion termomagnetica MCB de 2A curva Z	1	/Z3.1
-F002	ABB S2C	S2C+6R	Contacto auxiliar	1	/Z3.1
-F004	ABB S201-Z	S201-Z 4	Proteccion termomagnetica MCB de 4A curva Z	1	/Z3.1
-F004	ABB S2C	S2C+6R	Contacto auxiliar	1	/Z3.1
-F006	ABB S201-Z	S201-Z 4	Proteccion termomagnetica MCB de 4A curva Z	1	/Z3.1
-F006	ABB S2C	S2C+6R	Contacto auxiliar	1	/Z3.1
-F008	ABB S201-Z	S201-Z 6	Proteccion termomagnetica MCB Monopolar 6A	1	/Z3.4
-F008	ABB S2C	S2C+6R	Contacto auxiliar	1	/Z3.4
-F010	ABB S201-Z	S201-Z 6	Proteccion termomagnetica MCB Monopolar 6A	1	/Z3.4
-F010	ABB S2C	S2C+6R	Contacto auxiliar	1	/Z3.4
-F012	ABB S201-Z	S201-Z 4	Proteccion termomagnetica MCB de 4A curva Z	1	/Z3.1
-F012	ABB S2C	S2C+6R	Contacto auxiliar	1	/Z3.1
-HT_01	RITTAL SK 3105.360	SK 3105.360	Resistencia 100W, AC 110V - 240V, 1, 50 Hz/60 Hz	1	/Z3.6
-LAMP_01	RITTAL SZ 2500.200	SZ 2500.200	Lampara 11 W mas micro de accionamiento integrado 100 V -	1	/Z3.6
-MC_01	RITTAL SZ 2500.470	SZ 2500.470	Interruptor para sistema de luz LED Con cable de conexión	1	/Z3.6
-PS_01	ABB SD833	3BSC610066R1	Input a.c. 100-120/200-240 V,Output d.c. 24 V 10A.	1	/Z2.6
-SW_01	KYLAND SICOM3000A-8T-HV	SICOM3000A	SICOM3000A es un conmutador Ethernet Industrial	1	/Z1.2
-SW_02	ALLIED TELESYS AT-GS950/16	GS950 SERIES	Switch de red WebSmart con PoE+	1	/Z1.2
-TCA_01	LENEL LNL-X2220	LNL-X2220	Control de Acceso	1	/Z2.3
-TC_01	LEGRAND 686533	686533	Tomacorriente dúplex con polo a tierra 2P+T	1	/Z2.4
-TERM_01	STRGO ETR 011	ETR 011	Termostato Electronico para el control de climatizadores	1	/Z2.2
-VENT_01	RITTAL SK 3237.110	3237.110	Ventilador con filtro	1	/Z2.4

Figura 10. Lista de Materiales.

La lista de conexionado de los bornes en la Figura 11, proporciona una vista simple y organizada de todas las conexiones con bornes presentes en el tablero eléctrico. Esta lista permite identificar rápidamente qué dispositivos están conectados a cada borne sin la necesidad de buscar en el diagrama de conexión principal.

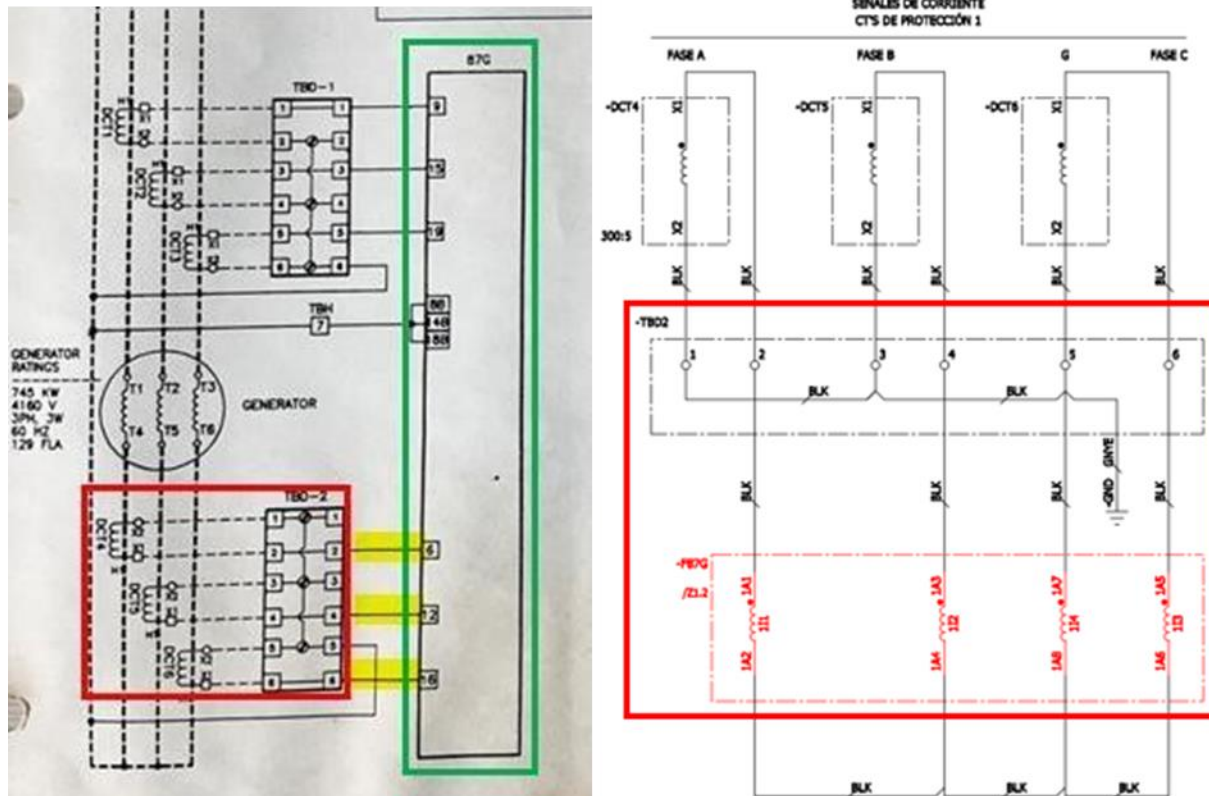


Figura 12. Señales de corriente aguas arriba del generador.

Del otro lado del generador la toma de señales de corriente se hace de los CT's CT1, CT2, CT3, estas entran a la bornera cortocircuitable TBS-1, enmarcada en un cuadro rojo, se deben retirar los relés 32 y 51I, enmarcados en cuadro verde, luego conectarse el nuevo relé -F876 y las señales de corriente pasan al medidor -ME01 y se deben retirar los medidores existentes enmarcados en verde, se evidencia en la Figura 13.

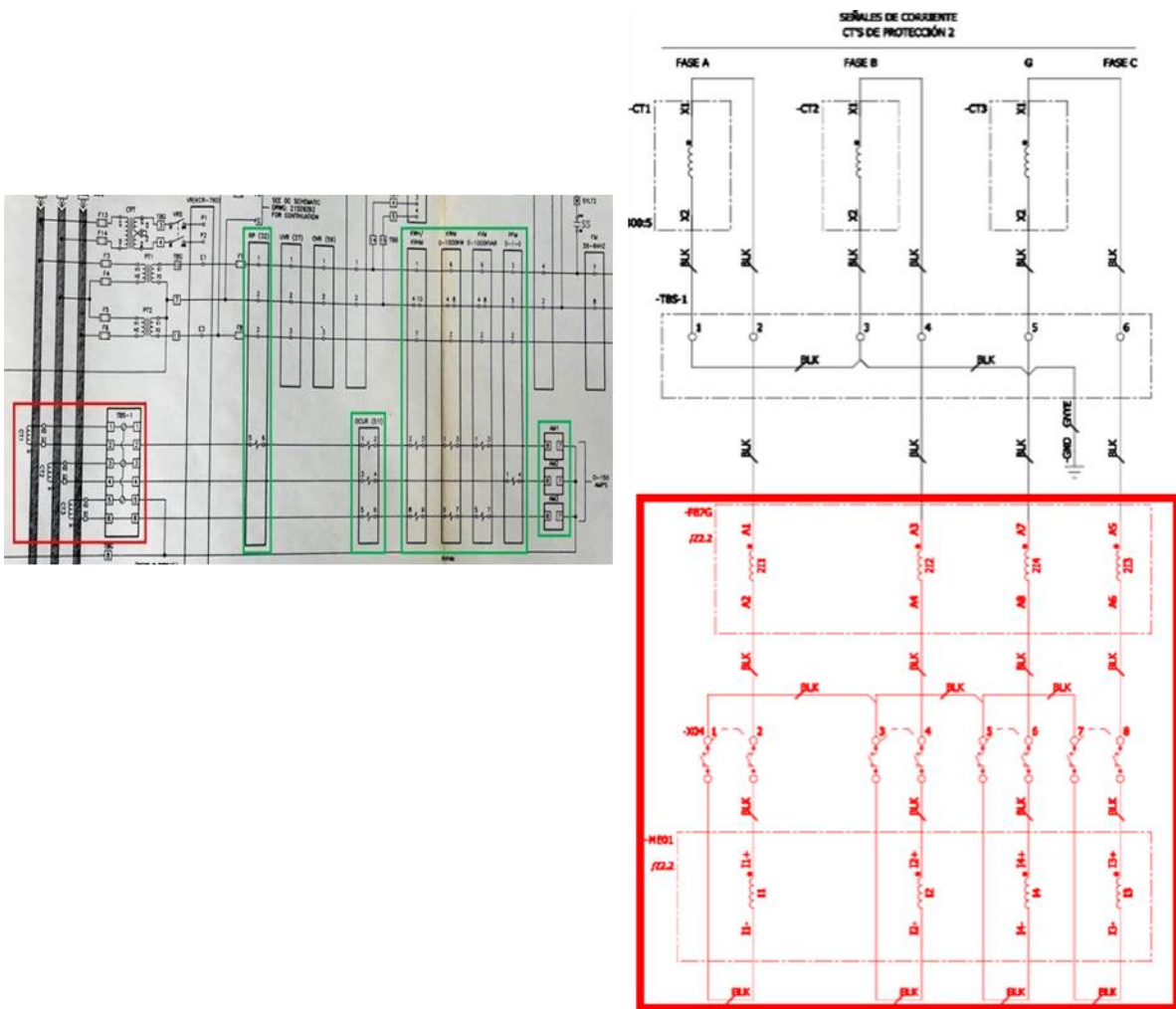


Figura 13. Señales de corriente aguas abajo del generador.

Las señales de los CT's DCT1, DCT2 y DCT3 se toman para llevarlas únicamente al relé 87G, como este se va a retirar y se reemplaza por el nuevo relé -F87G las señales sombreadas en amarillo deben cortocircuitasen en la bornera TBD-1.

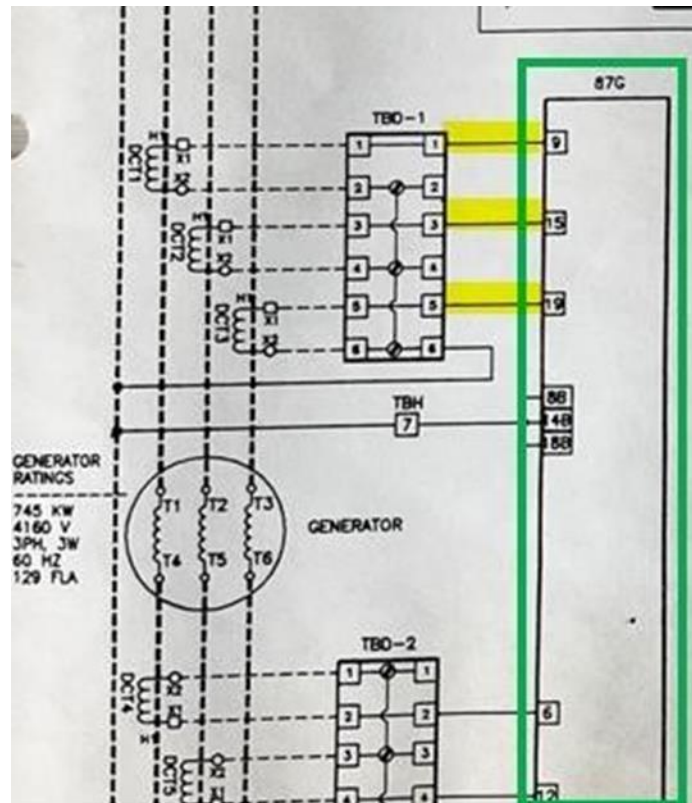


Figura 14. Señales de corriente que quedan disponibles

Las señales de tensión se toman de los PT's 1 y 2, pasan por la bornera TBG bornes 10, 7 y 11, luego entran al equipo VR(KCR-760) como se resalta en amarillo, se retiran los relés 32, 27, 59 y 25 enmarcados en el cuadro verde, se conecta el relé nuevo -F87G, enmarcado en rojo, las señales continúan al medidor -ME01y se deben retirar los medidores existentes, sombreados en verde; las señales de fase A y C mantienen su protección de F7 y F8 respectivamente.

Para poder realizar la función 25 se toma señales del PT3 donde se toma la señal de tensión fase A que mantiene su protección F12, las señales continúan al equipo -VM (0- 5250V) como se muestra en la Figura 15.

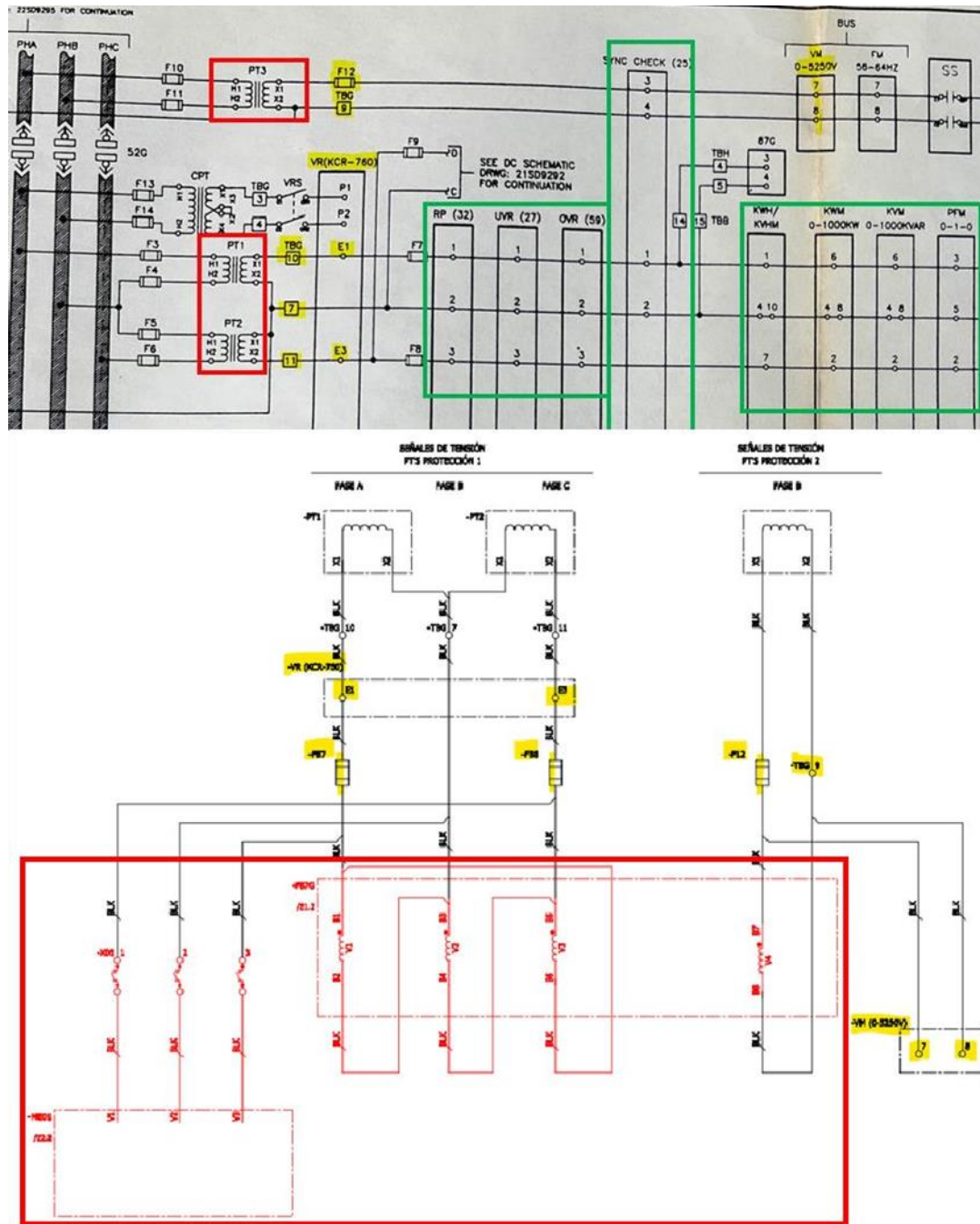


Figura 15. Señales de tensión.

La alimentación se da de un único circuito existente, se recomienda tomar la alimentación para el nuevo relé de los puntos sombreados en amarillo para continuar con el mismo estilo de conexionado del plano, en la actualización se plantea colocar borneras nuevas para alimentación que sería la -X02, ver Figura 16.

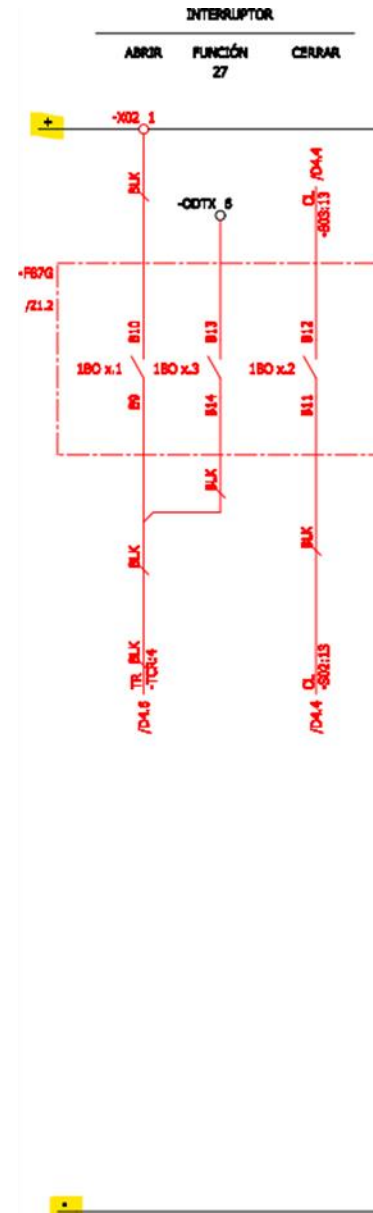
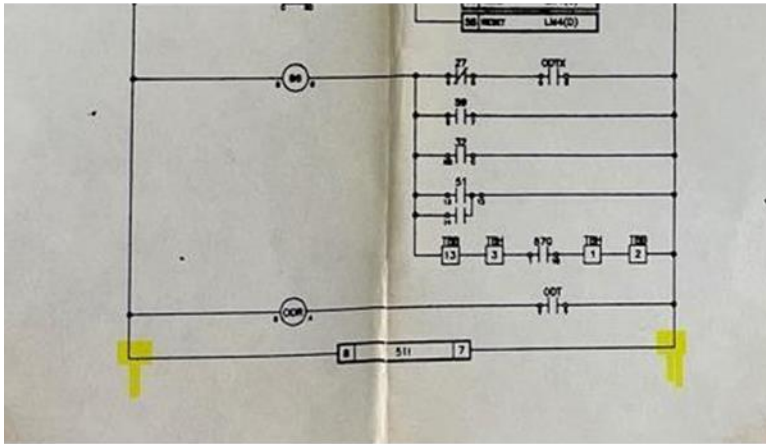


Figura 16. Alimentación.

Las señales de disparo que se pudieron evidenciar en el plano existente pasan por un relé 86, el cual debe retirarse, sombreado en amarillo, dado que el nuevo relé se configurará con esta función. Con el retiro de los relés, los diferentes contactos de los relés 27, 59, 32, 51 y 87G también son retirados y esto se reduce a un único contacto de disparo en el nuevo relé como se muestra en la Figura 17.

Como se menciona anteriormente el nuevo relé actuará también con la función de disparo y bloqueo, por lo que los contactos se conectan directamente a la apertura y cierre del interruptor respectivamente.

Se colocó un contacto nuevo para el disparo por la función 27 dado que este disparo se encuentra condicionado por el contacto ODTX.

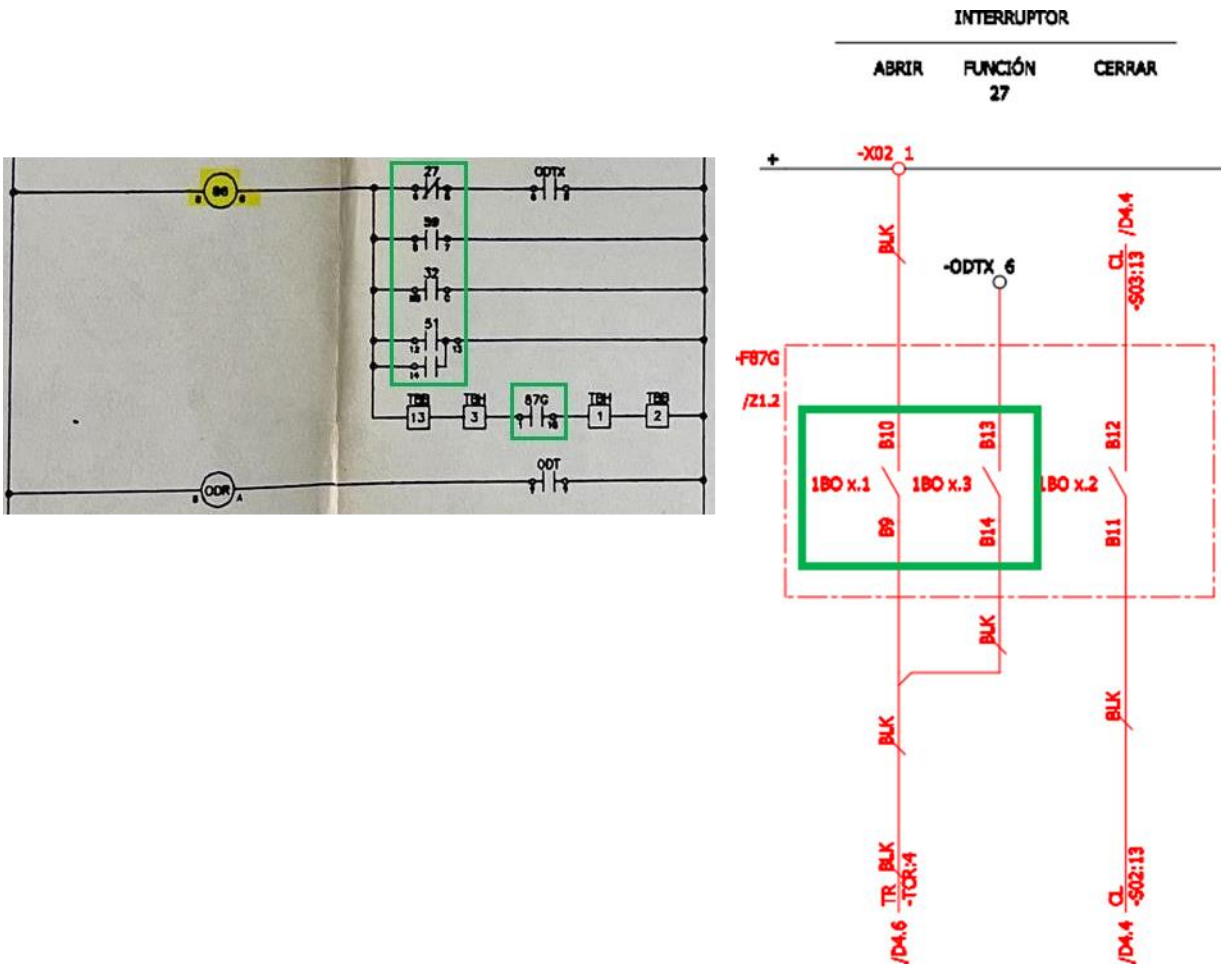


Figura 17. Señales de disparo.

Para el cierre del interruptor se hace uso de la señal existente en el circuito DC, señalada en el cuadro verde, dado que el relé 25 se debe retirar el contacto de este también. La alimentación se hace del circuito existente, se debe retirar el selector existente BCS, sombreado en amarillo, se conecta el selector de cierre nuevo -S03, el relé repetidor, el selector local y se conecta a la bobina existente CCR, que es desde donde se genera el cierre, la cual cuenta con un contacto que llega directamente al interruptor y queda tal cual, a lo ya existente, sombreado en amarillo como se evidencia en la Figura 18.

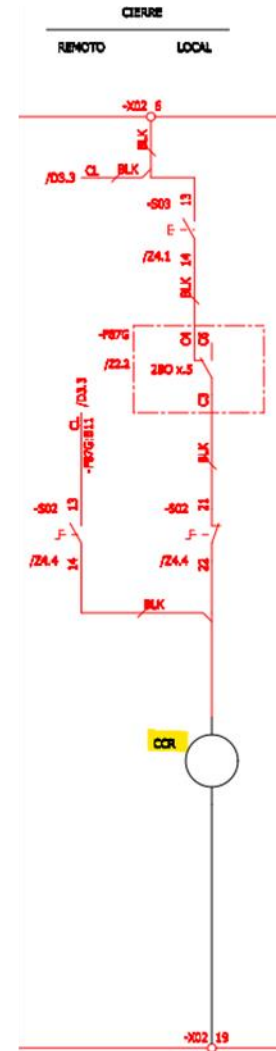
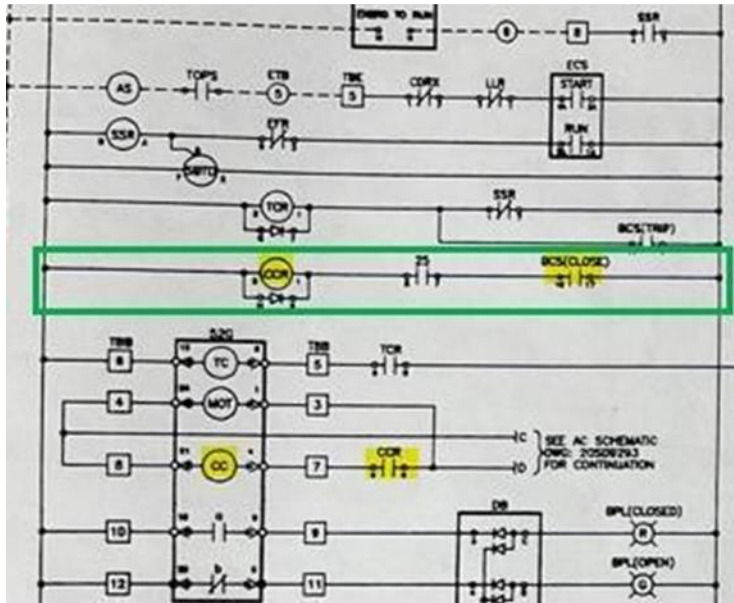


Figura 18. Señal de cierre.

Para poder conectar las señales lumínicas y las señales de interruptor abierto y cerrado se colocó un relé repetidor -K2, dado que no se evidenció disponibilidad de contactos en el interruptor, el -K2 se conectó al contacto abierto a soberado en amarillo como se muestra en la Figura 19.

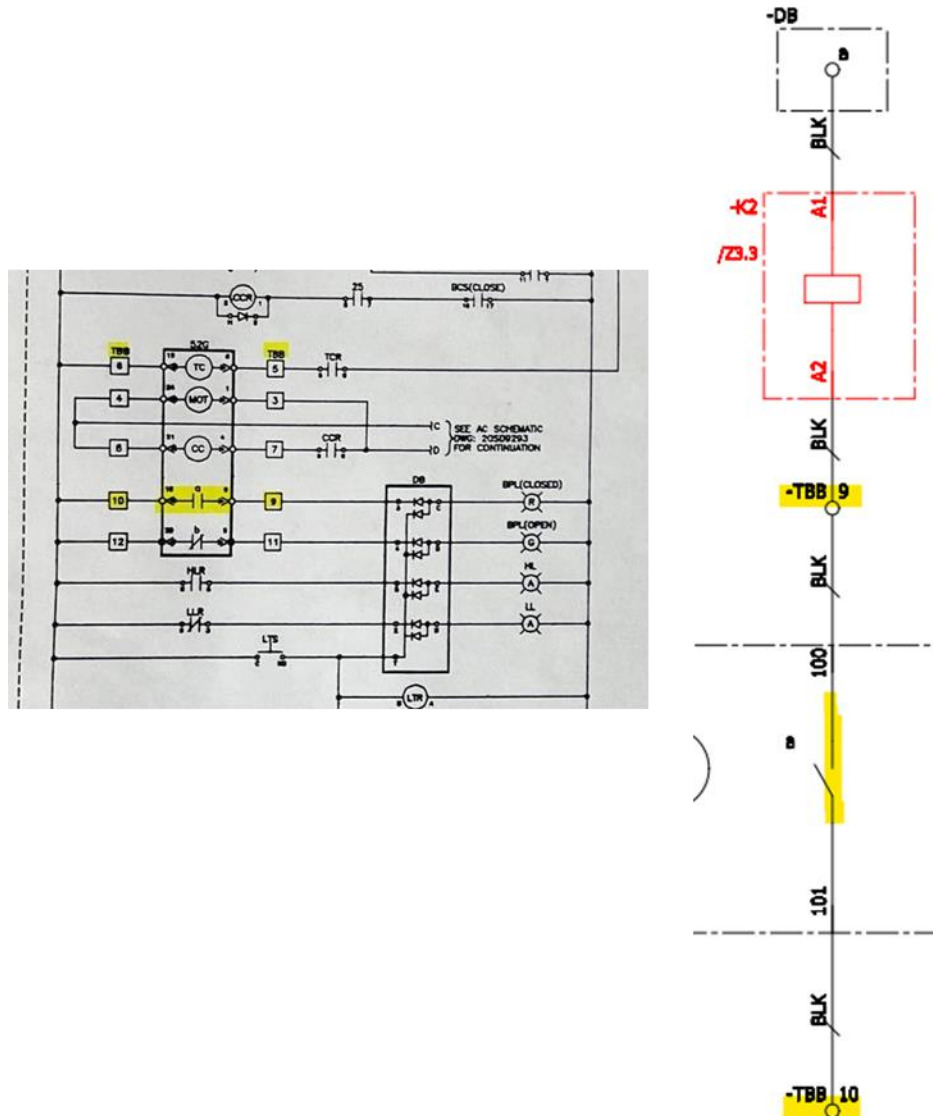


Figura 19. Relé repetidor -K2.

Para la función 50BF y el contacto de “Life contact” del relé se agrega una bornera nueva -X01 y se dejan estas señales en bornes cabe aclarar que la función 50BF se debe cablear hasta la bobina de disparo del transformador correspondiente.

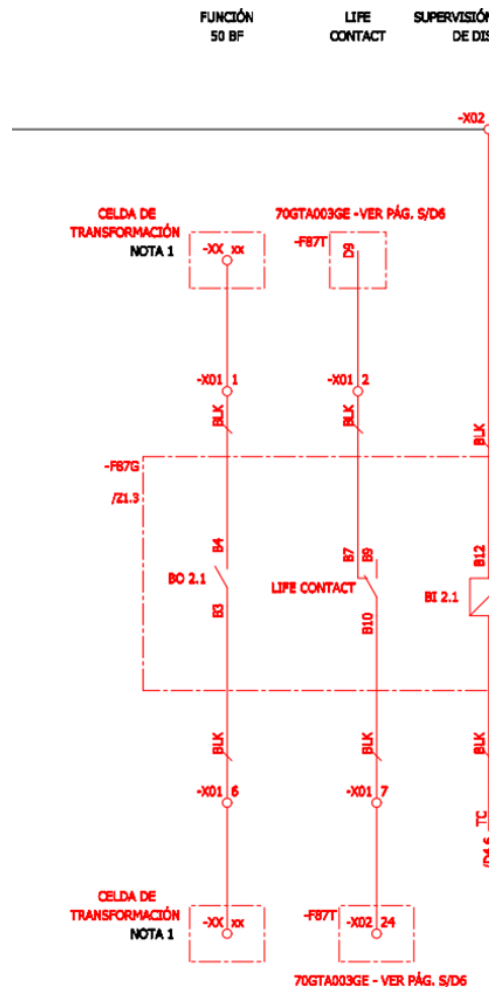


Figura 20. Señales en bornas.

2. Celda de transformación número 1.

En esta sección del documento, se mostrarán imágenes que ilustran la disposición física de la celda de transformación después de realizar la actualización. Esta actualización incluyó la integración del nuevo relé y la retirada de los relés antiguos.

Las imágenes proporcionarán una visión clara de cómo quedaron organizados los componentes dentro del cubículo de control la celda de transformación. Se destacará la nueva ubicación del relé, las conexiones actualizadas de las señales de corriente y tensión.

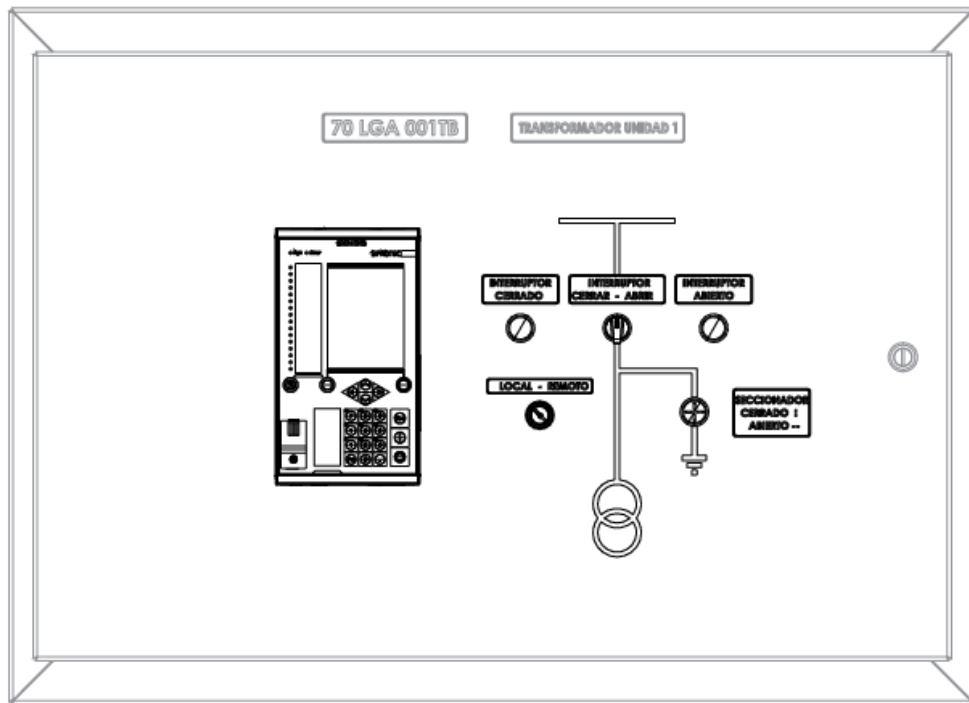


Figura 21. Vista frontal.

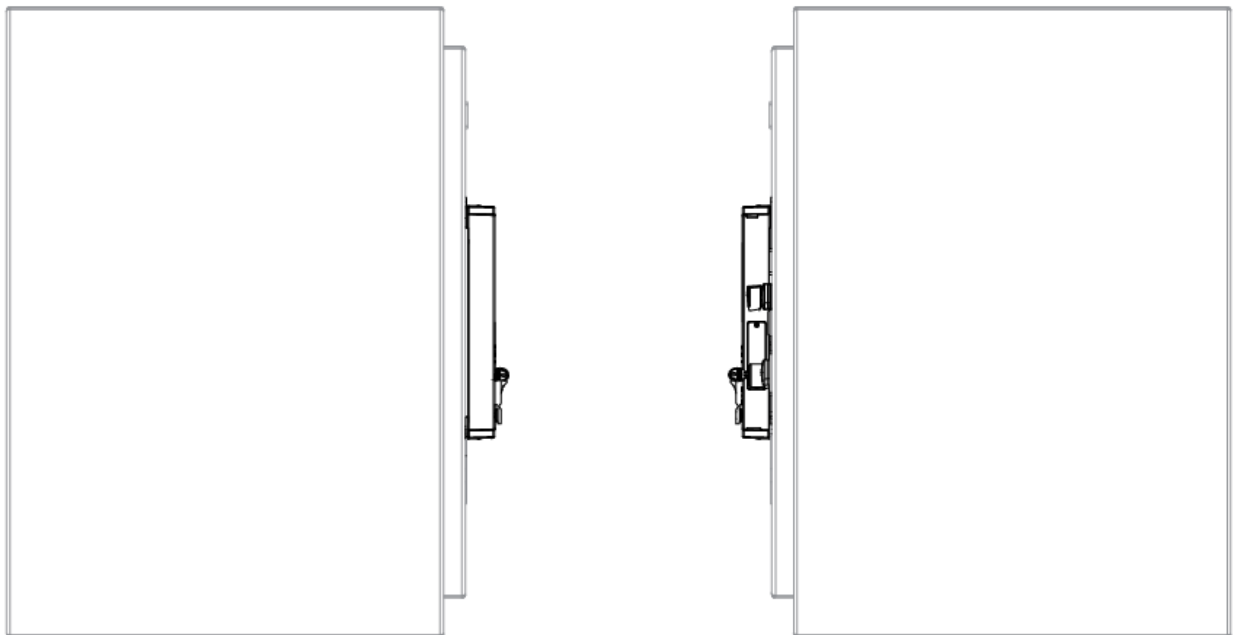


Figura 22. Vista lateral izquierda y derecha.

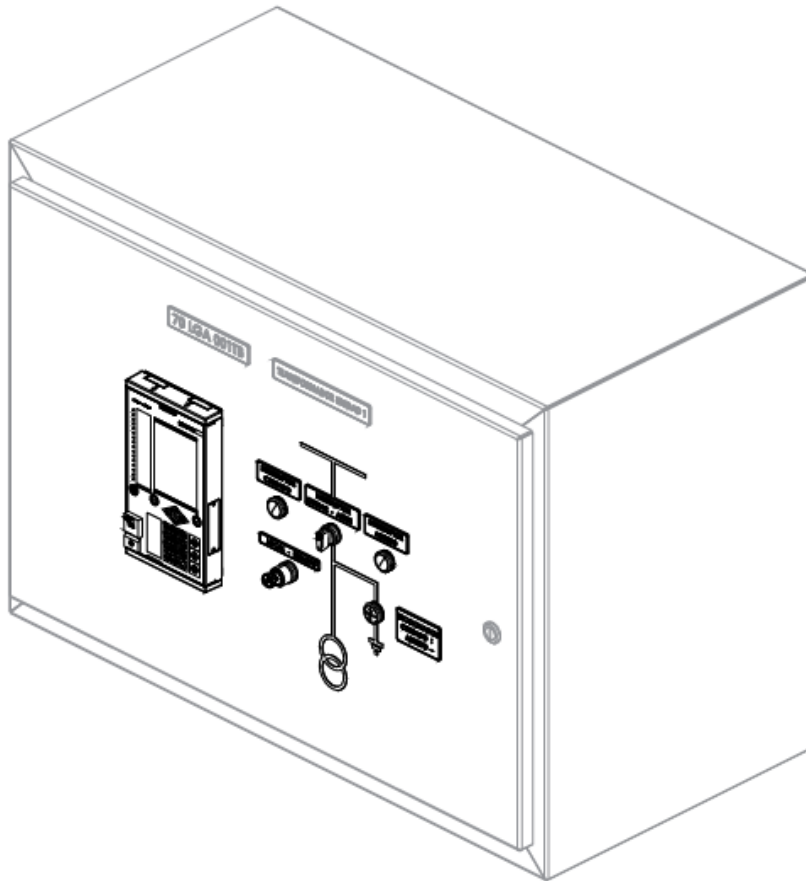


Figura 23. Vista isométrica.

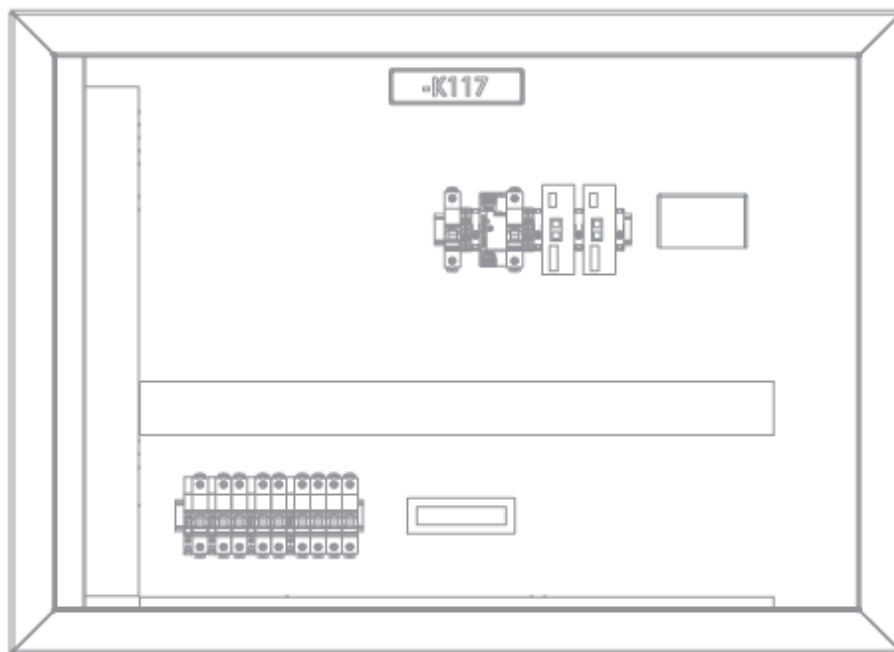


Figura 24. Vista frontal sin puerta.

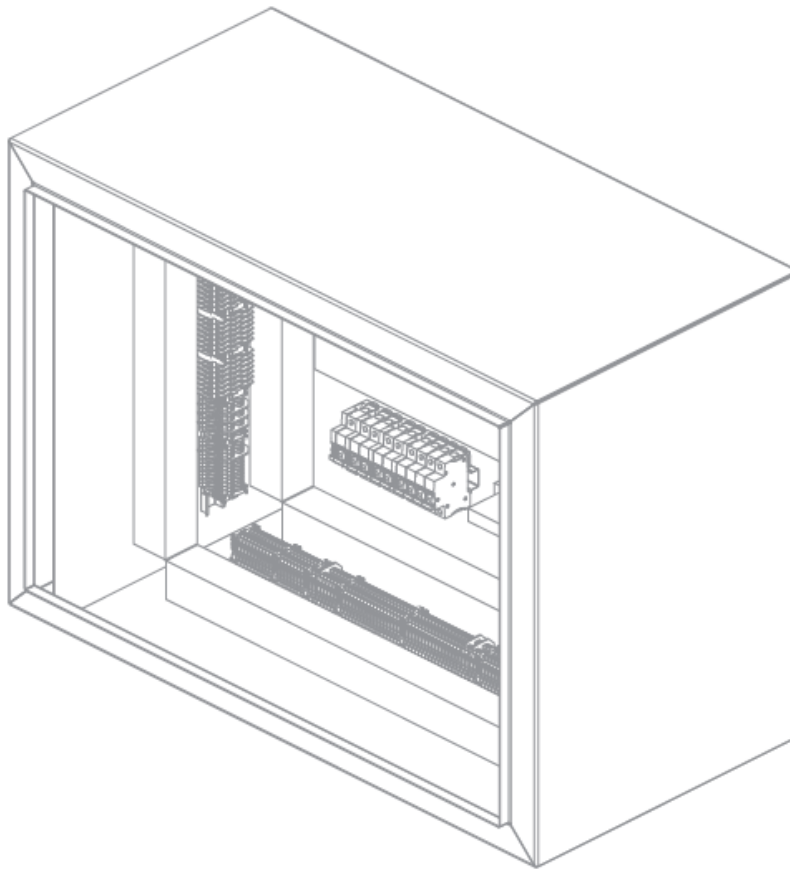


Figura 25. Vista isométrica sin tapa.

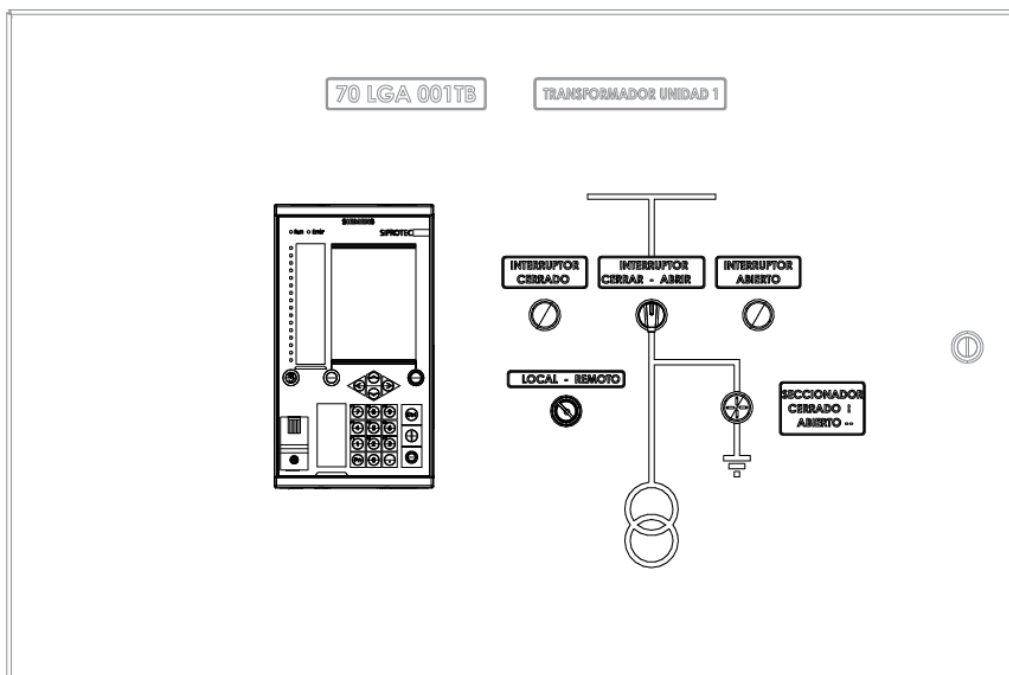


Figura 26. Vista puerta.

VI. ANÁLISIS

1. *Tableros*

- **Optimización del Espacio:** El uso del doble fondo ha permitido una organización eficiente, separando borneras y MCBs de los equipos de control y comunicación. Esto maximiza el uso del espacio y mejora la accesibilidad.
- **Facilidad de Mantenimiento:** La disposición lógica y ordenada facilita el acceso a los componentes, permitiendo una rápida identificación y reparación en caso de emergencias, reduciendo el tiempo de inactividad.
- **Reducción de Riesgos:** La disposición cuidadosa minimiza el riesgo de cortocircuitos y de interferencias electromagnéticas, mejorando la seguridad operativa.
- **Uso de Consumibles:** La integración efectiva de MCBs, borneras, fuentes AC/DC, lámparas y tomacorrientes asegura protección contra sobrecargas y cortocircuitos, y facilita la operación y el mantenimiento.

2. *Actualización de Celda*

Análisis del Procedimiento de Reemplazo y Conexión de Relés en las Celdas.

El procedimiento detallado para el retiro y reemplazo de relés, así como la reconfiguración de señales de corriente y tensión en una celda de transformación, refleja un proceso complejo y crítico para asegurar el correcto funcionamiento y protección del sistema eléctrico.

- **Objetivo del Procedimiento**

El objetivo principal es reemplazar varios relés antiguos (87G, 32, 51I, 27, 59, 25) con nuevos relés (principalmente -F87G y -F876), y reconfigurar las conexiones de las señales de corriente y tensión. Esto busca modernizar el sistema de protección, mejorar la fiabilidad y asegurar una mayor eficiencia operativa.

- **Toma y Conexión de Señales de Corriente**

La toma de señales de corriente de los CT's (CT1, CT2, CT3) y su reconfiguración es un paso vital para mantener la integridad del sistema de medición y protección.

- **Toma y Conexión de Señales de Tensión**

Las señales de tensión se toman de los PT's 1 y 2 y se dirigen a la bornera TBG, pasando por varios bornes antes de llegar al equipo VR (KCR-760).

- Alimentación

La recomendación de tomar la alimentación para el nuevo relé desde los puntos que se alimentaban los anteriores relés para mantener la consistencia del conexionado es crucial. Esto minimiza errores de conexión y asegura que el sistema sigue un esquema de cableado conocido y probado.

- Señales de Disparo

El retiro del relé 86, que es reemplazado por la configuración de disparo en el nuevo relé, simplifica el sistema de protección y reduce la complejidad del circuito. La eliminación de contactos innecesarios y la consolidación en un único contacto de disparo en el nuevo relé mejora la eficiencia operativa y reduce el riesgo de fallos.

- Señales Lumínicas y Estado del Interruptor

La colocación del relé repetidor -K2 para manejar las señales lumínicas y saber el estado del interruptor asegura que estas señales cruciales estén adecuadamente gestionadas y que sean visibles para los operadores.

VII. CONCLUSIONES

- La optimización del espacio y la disposición ordenada en los tableros no solo mejora la accesibilidad y el mantenimiento, sino que también incrementa la seguridad operativa al reducir riesgos de cortocircuitos e interferencias.
- La actualización de los relés en las celdas de transformación moderniza el sistema, mejorando la fiabilidad y eficiencia operativa. La atención al detalle en la reconfiguración de señales y la consistencia en la alimentación minimiza errores y asegura una integración suave y efectiva.
- La organización y disposición eficiente de los componentes, junto con la modernización de los relés, facilitan la gestión del sistema eléctrico. Esto permite una supervisión más precisa y una respuesta rápida a cualquier anomalía o falla.
- La actualización de los relés y la integración de tecnologías modernas aumentan la fiabilidad del sistema de protección. Esto disminuye la probabilidad de fallos y mejora la continuidad del servicio eléctrico, reduciendo las interrupciones y el tiempo de inactividad.
- La simplificación de los circuitos y la consolidación de contactos de disparo mejoran la eficiencia operativa. La reducción de la complejidad del sistema permite una operación más fluida y eficiente, lo cual es crucial en entornos industriales y de alta demanda.
- La disposición lógica y el uso de un doble fondo en los tableros facilitan futuras expansiones o modificaciones del sistema. Esto permite una fácil escalabilidad del sistema eléctrico para adaptarse a futuras necesidades o aumentos de carga sin necesidad de reestructurar completamente la infraestructura existente.
- La modernización de los sistemas de protección y la optimización del diseño aseguran el cumplimiento con normativas y estándares actuales de la industria eléctrica. Esto no solo garantiza la legalidad y seguridad del sistema, sino que también facilita auditorías y certificaciones necesarias para operar en ciertos mercados.

- La realización de este trabajo me ha permitido profundizar en el diseño y optimización de tableros eléctricos y la modernización de celdas, destacando la importancia de la eficiencia, seguridad y fiabilidad en los sistemas eléctricos. Implementar nuevas tecnologías y utilizar herramientas como ELCAD me ha enseñado la relevancia de una planificación detallada y un diseño estructurado. Además, este proyecto no solo mejoró mis competencias técnicas, sino que también me enseñó la importancia de mantenerse actualizado con las innovaciones tecnológicas.

REFERENCIAS

- [1] SOPESA S.A. E.S.P., "Historia de SOPESA". [En línea]. Disponible en: <https://sopesa.com/historia/>. [Accedido: 16-marzo-2024].
- [2] Elektro Ennergy, "Mantenimiento y Retrofit a Tableros Eléctricos de Baja y Media Tensión". [En línea]. Disponible en: <https://elektroenergy.com/servicios/mantenimiento-y-retrofit-a-tableros-electricos-de-baja-y-media-tension/>. [Accedido: 16- marzo -2024].
- [3] Hoffman Latam, "Qué es un tablero eléctrico y cuáles son sus características", 2021. [En línea]. Disponible en: <https://hoffman-latam.com/blog/que-es-un-gabinete-o-tablero-electrico/>. [Accedido: 16- marzo -2024].
- [4] Minenergía, "El Gobierno le cumple a las regiones: Ecopetrol inició la construcción de la primera granja solar en Providencia". [En línea]. Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/el-gobierno-le-cumple-a-las-regiones-ecopetrol-inici%C3%B3-la-construcci%C3%B3n-de-la-primera-granja-solar-en-providencia/>. [Accedido: 16- marzo -2024].
- [5] Minenergía, "El Gobierno le cumple a las regiones: Ecopetrol inició la construcción de la primera granja solar en Providencia". [En línea]. Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias-index/el-gobierno-le-cumple-a-las-regiones-ecopetrol-inici%C3%B3-la-construcci%C3%B3n-de-la-primera-granja-solar-en-providencia/>. [Accedido: 16- marzo -2024].