



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DEL
GENERADOR ELÉCTRICO DE RESPALDO A LA PLANTA CRIOGÉNICA GASES
INDUSTRIALES DE AMÉRICA S.A. DE C.V.

OPCIÓN QUE CORRESPONDA

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PRESENTA:

IVAN ROJAS MARTINEZ

NOMBRE DEL ASESOR:

DRA. HAYDEE PATRICIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ



Tzompantepec, Tlaxcala, **10/marzo/2026**

Oficio No. MM-238/2026

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	IVAN ROJAS MARTINEZ
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
No. De Control:	20370458
Nombre del Proyecto:	"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DEL GENERADOR ELÉCTRICO DE RESPALDO A LA PLANTA CRIOGÉNICA GASES INDUSTRIALES DE AMÉRICA S.A. DE C.V."
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir. Servir para Triunfar®

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

DRA. HAYDEE PATRICIA MARTÍNEZ HERNÁNDEZ
ASESORA

c.p.- Archivo.
JAV*petry.



2026
año de
Margarita
Maza





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 20/Marzo/2026

IVAN ROJAS MARTINEZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 2037048.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DEL GENERADOR ELÉCTRICO DE RESPALDO A LA PLANTA CRIOGÉNICA GASES INDUSTRIALES DE AMÉRICA S.A DE C.V"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



ccp. Archivo
CYAL/Gvm*



2026
año de
Margarita
Maza



AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mis padres, señores Rafael e Isabel por su amor incondicional, por creer en mí, por los sacrificios que hicieron para que yo pudiera continuar con mis estudios y brindarme las herramientas para alcanzar este sueño. Este logro es el resultado de su amor y apoyo incondicional.

Agradezco a Gases Industriales de América S.A. de C.V., por abrirme las puertas para realizar mi residencia profesional en sus instalaciones. Toda la experiencia y conocimientos adquiridos durante estos meses dan un aporte invaluable para mi formación profesional como ingeniero electromecánico.

De igual manera agradezco a mi asesor externo Ing. Israel Delgado Sánchez, quien me mostro que siempre hay cosas nuevas que aprender, el me brindo su amistad, sus consejos, correcciones y orientación para crecer profesionalmente.

Mi sincera gratitud a mi asesora interna Dra. Haydee Patricia Martinez Hernández, quien me brindo consejos para mejorar profesionalmente y brindo apoyo incondicional durante la elaboración de este proyecto.

De igual manera, quiero expresar mi agradecimiento a mis compañeros de trabajo, quienes me brindaron su amistad y me apoyaron durante mis residencias, pues gracias a ellos me sentí como parte del equipo y pude aprender de sus experiencias.

RESUMEN

Una planta criogénica es una industria que se dedica a la producción y almacenamiento de gases criogénicos, la cual necesita de un sistema de control funcional y siempre activo para asegurar la calidad, seguridad del producto terminado y del personal que en ella labora. Por ende, una falla en el suministro eléctrico de control representa un riesgo exponencial.

De esta necesidad nace la iniciativa de la creación de un sistema el cual realice la gestión de transferencia eléctrica entre el suministro principal y el suministro de respaldo con la finalidad de mantener un suministro eléctrico de control ininterrumpido hacia las cargas críticas que están consideradas como válvulas, PLC's y tableros de control. Para realizar esto se debe mantener energizado un transformador que reduce el voltaje hasta valores del voltaje de control, el cual está dirigido hacia el panel en el cual se encuentran las cargas críticas.

Antes de abordar el diseño, se realiza una investigación acerca de términos y conceptos necesarios para la realización del proyecto, específicamente en el área eléctrica, área de mantenimiento, diseño CAD, sistemas de calidad y acerca de las características de las plantas criogénicas.

El diseño del sistema se realiza en base a normativas vigentes en el territorio nacional, específicamente la NOM-001-SEDE-2012, con la finalidad de asegurar un correcto diseño del sistema de transferencia, pues para esto es necesario seleccionar los componentes adecuados del sistema en consideración de parámetros de operación, como lo es el voltaje, corriente, potencia y frecuencia. Posteriormente el dibujo de los planos eléctricos, como lo es el diagrama unifilar, el diagrama de conexión del circuito de potencia y de control se realizan en la herramienta de diseño AutoCAD, mientras que el ensamble de los elementos dentro del gabinete se realizó con SolidWorks. Para posteriormente obtener los planos correspondientes.

Para la programación del sistema de control se considera un PLC de la marca Allen Bradley el cual se programa con lenguaje de escalera con el software RsLogix 500, en la programación se especifica la lógica de funcionamiento y las medidas de seguridad para evitar que ambos suministros se enclaven al mismo tiempo. Posteriormente se realizan

simulaciones del sistema para identificar y corregir fallas en la lógica de operación usando el software RsLogix Emulate 500.

Para la sección de resultados y conclusiones, se muestran lo obtenido del diseño del sistema, específicamente los planos, preparación del sitio y las simulaciones correspondientes, en general, en esta sección se ilustra el resultado del trabajo realizado durante todo el periodo de residencias profesionales.

Finalmente, se encuentran las competencias aplicadas y desarrolladas en esta etapa, ahí se aborda todos los conocimientos adquiridos en base a la participación en labores de mantenimiento dentro de la planta, además de que se hacen recomendaciones para trabajos futuros y estudiantes interesados a entrar en el mundo de la producción y almacenamiento de los gases criogénicos.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE	11
PROBLEMA POR RESOLVER	12
OBJETIVOS	13
Objetivo general.....	13
Objetivos específicos	13
JUSTIFICACIÓN	14
CAPÍTULO I.....	15
FUNDAMENTOS TEÓRICOS	15
1.1 Criogenia.....	15
1.2 Planta criogénica.....	15
1.3 Sistema internacional de unidades	15
1.4 Voltaje	17
1.5 Corriente	17
1.6 Potencia (instantánea)	18
1.7 Sistema eléctrico polifásico	19
1.8 Sistema eléctrico trifásico	19
1.9 Seguridad eléctrica.....	21
1.10 Generador eléctrico.....	23
1.11 Planta de emergencia.....	23
1.12 Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS).....	24
1.13Cable conductor	24
1.14 Interruptor termomagnético	25
1.15 Transformador eléctrico	27
1.16 Sistema de control eléctrico	28
1.17 Contactor magnético	29
1.18 Relevador de vigilancia (falla de fase).....	29
1.19 Selector	29
1.20 PushButton.....	30
1.21 Lampara piloto	30
1.22 Control manual	30

1.23 Control automático	30
1.24 PLC	31
1.25 Módulos I/O	32
1.26 Entradas y salidas digitales	32
1.27 Entradas y salidas analógicas	32
1.28 Tablero de transferencia automática (TTA)	32
1.29 Diagramas de control	33
1.30 Mantenimiento	34
CAPÍTULO II	35
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	35
2.1 Consideraciones técnicas para la selección de los componentes	36
2.2 Descripción del entorno	36
2.3 Cálculo para componentes	38
2.3.1 Corriente Nominal	40
2.3.2 Capacidad del interruptor termomagnético	40
2.3.3 Determinación de conductores	42
2.3.4 Conductor de puesta a tierra	43
2.3.5 Canalización	43
2.3.6 Caída de tensión entre suministro principal y TTA	43
2.3.6 Caída de tensión entre Generador de respaldo y TTA	44
2.3.7 Caída de tensión entre TTA y Trafo A	44
2.3.8 Contactores	44
2.3.9 Relevador de vigilancia	44
2.4 Materiales por utilizar	45
2.6 consideraciones de operación	46
2.7 Programación del PLC	48
2.7.1 Programación modo manual	51
2.7.2 Programación modo automático	52
2.7 Circuito de control y circuito de potencia	53
2.7.1 Circuito de control	53
2.7.2 Circuito de potencia	55
2.8 Layout del tablero	57
2.9 Instalación	64

2.9.1 Acondicionamiento del sitio	64
2.9.2 Implementación	66
CAPÍTULO III.....	72
RESULTADOS	72
3.1 Planos.....	72
3.2 Procedimiento de operación.....	75
3.2.1 Operación manual	75
3.2.2 Operación automática	76
3.3 Procedimiento de mantenimiento	77
CONCLUSIONES	80
Conclusiones del proyecto	80
Recomendaciones y experiencia laboral adquirida	81
COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	83
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	87
ANEXOS.....	89

INTRODUCCIÓN

La planta criogénica Gases Industriales de América desempeña un papel esencial en la producción, almacenamiento y distribución de gases industriales fundamentales para varios procesos industriales dentro de las plantas acereras de grupo Simec planta Tlaxcala. Para la producción de estos gases, se depende en gran cantidad de sistemas de control y automatización que garanticen la seguridad, eficiencia y calidad en cada etapa de la producción. Pero, por la naturaleza del proceso, cualquier interrupción en el suministro eléctrico podría ocasionar riesgos exponenciales, retrasos en la producción, pérdidas económicas y afectaciones en la cadena de suministro.

Ante esto, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar e implementar un tablero de transferencia automática TTA, el cual permita la conmutación rápida y segura entre el suministro principal y el suministro de respaldo. El TTA debe cumplir con los estándares de calidad y medidas de seguridad en base normas vigentes, asegurando no solo la continuidad del suministro eléctrico, sino también la protección de los equipos críticos ante variaciones o fallos en la red eléctrica.

El proyecto no solo aborda la necesidad del sistema de transferencia, sino que también busca optimizar la mejora en la continuidad operativa. La implementación del TTA representa un paso hacia la modernización y resiliencia eléctrica de la instalación de control de la planta, asegurando que esta cuente con la capacidad para enfrentar problemas futuros. Con este enfoque, se espera que la planta criogénica mantenga su operación continua.

La elaboración de este proyecto es una inversión estratégica que permitirá a Gases Industriales de América garantizar su misión de proporcionar productos y servicios de alta calidad en un entorno industrial cada vez más exigente.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

Gases Industriales de América S.A. DE C.V., es una industria perteneciente a grupo Simec dedicada a la producción de gases industriales, siendo el aire la principal materia prima para la producción de Oxígeno, Nitrógeno y Argón. Estos gases son producidos con el fin de ser suministrados para consumo de las dos plantas acereras que conforman a Grupo Simec Planta Tlaxcala, mientras que, a su vez, estos gases también son vendidos a terceros. Dentro de la planta criogénica pertencí al área de mantenimiento, donde a lo largo del periodo de residencias profesionales desempeñé una serie de actividades que aportaron experiencia a mi formación profesional y desarrollo dentro de la empresa. En GIA existen diversos equipos que componen la estructura para la producción de los gases industriales, siendo los compresores los equipos principales. El equipo de mantenimiento cuenta con personal con bastos conocimientos en el área, pues gracias al personal mecánico, eléctrico, de instrumentación y al personal de confiabilidad logre participar y conocer diferentes técnicas de mantenimiento.

El puesto que desempeñe consta en la participación en actividades de mantenimiento preventivo y correctivo a nivel mecánico como eléctrico aplicado a los equipos criogénicos, incluyendo compresores, intercambiadores de calor, válvulas, bombas y sistemas de control en base a los planes de mantenimiento establecidos con la intención de minimizar fallos e incrementar el rendimiento de los equipos. Por otra parte, igual hubo participación en tareas de inspección para el diagnóstico oportuno de fallas dentro de los equipos para la realización de ajustes con la finalidad de asegurar un correcto funcionamiento y eficiencia. Además del apoyo en la instalación y montaje de tuberías, válvulas, iluminación, sistemas de control, entre otros, para la mejora de las instalaciones asegurando que se cumple con los requerimientos técnicos. De igual manera, tuve participación en el monitoreo de parámetros operacionales de los equipos y sistemas como presión, temperatura y flujo para asegurar que las condiciones operativas estén dentro de los límites establecidos. La documentación y los reportes son actividades que forman parte de las actividades realizadas, pues otorgue apoyo para mantener registros de las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo detalles de las reparaciones, refacciones o remplazos de piezas utilizadas y pruebas realizadas.

PROBLEMA POR RESOLVER

El problema por resolver es asegurar un suministro eléctrico ininterrumpido del voltaje de control para la planta criogénica GASES INDUSTRIALES DE AMÉRICA S.A. DE C.V., específicamente aplicado a PLC 's, válvulas y luminarias, las cuales operan con 110/220VCA. Actualmente, la planta cuenta con un sistema UPS, que ante la ausencia del suministro eléctrico de control alimenta estos equipos, pero solo durante el tiempo de carga disponible. Si el suministro eléctrico no se restablece antes del fin de la carga, los equipos conectados se quedarán sin energía, comprometiendo tanto los productos almacenados como la seguridad del personal.

Dentro de planta se cuenta con dos transformadores de 30 KVA, 480//220-127VCA, (Trafo A y Trafo D), los cuales alimentan a distintos tableros. Trafo A suministra energía al Panel A, C Y F(UPS). Mientras que el Trafo D alimenta al panel D. Ante una falla eléctrica, es elemental que el Trafo A vuelva a recibir energía eléctrica, ya que alimenta a varios procesos de control críticos dentro de la planta.

En planta 2 se dispone de un generador eléctrico que proporciona 480VCA a planta criogénica, pero no se cuenta con un sistema que realice la transferencia automática ante la presencia de una falla. Esto plantea la necesidad de instalar un tablero de transferencia automática (TTA) para asegurar la continuidad del suministro eléctrico a Trafo A, garantizando el correcto funcionamiento de los equipos de control.

La necesidad de asegurar la continuidad del suministro eléctrico de manera inmediata y sin intervención manual en una planta criogénica es esencial debido a la naturaleza de los procesos y a los riesgos asociados a las interrupciones eléctricas, esto debido a que la planta criogénica necesita de un suministro eléctrico ininterrumpido para los sistemas de refrigeración y control, pues una falla eléctrica puede causar la pérdida del control de temperatura, dañando el producto o provocando situaciones de alto riesgo. Entonces en caso de una falla en el suministro eléctrico, es necesario una respuesta inmediata, ante esto, un tablero de transferencia automática permite hacer un cambio instantáneo a la energía de respaldo, minimizando el tiempo de inactividad y asegurando la seguridad de los productos y del personal operativo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar, instalar y poner en funcionamiento un tablero de transferencia automática para garantizar el suministro eléctrico del voltaje de control aplicado a válvulas, luminarias y PLC'S. Mejorando así la seguridad del producto, la eficiencia operativa y la fiabilidad de las operaciones de la planta asegurando la seguridad del personal.

Objetivos específicos

- Diseñar el tablero de transferencia automática asegurando el cumplimiento de normativas eléctricas y de seguridad vigentes.
- Adquirir los equipos y materiales asegurando la calidad y compatibilidad con el sistema eléctrico actual.
- Instalar el tablero de transferencia automática en un área definida, asegurando una correcta conexión con la red principal y el generador de respaldo.
- Montar los componentes del sistema de forma segura y eficiente.
- Programar y configurar el PLC para identificar fallos y gestionar la transferencia.
- Elaborar la documentación necesaria para la operación y mantenimiento del sistema.
- Mejorar la seguridad, la eficiencia operativa y la fiabilidad de las operaciones de la planta.

JUSTIFICACIÓN

La planta criogénica GASES INDUSTRIALES DE AMÉRICA S.A. DE C.V., es una industria dedicada a la producción y almacenamiento de gases industriales, procesos que requieren un suministro eléctrico continuo y estable. Por ende, cualquier tipo de interrupción en el suministro eléctrico puede tener consecuencias graves en las actividades operativas de la planta, incluyendo la pérdida de productos y aumento de riesgos para la seguridad del personal que labora en la planta.

Actualmente la planta cuenta con un sistema de alimentación ininterrumpida, por sus siglas en inglés UPS, que almacena energía para que, durante un corte del suministro eléctrico del voltaje de control, esta UPS pueda proporcionar energía eléctrica durante un tiempo limitado de uso, energizando los equipos eléctricos destinados a trabajar con 110-220 voltios. Con la implementación de un tablero de transferencia automática se obtiene una solución efectiva a los problemas de la interrupción del suministro eléctrico. El tablero de transferencia automática permite una transferencia rápida y segura entre la red y el generador eléctrico de respaldo en caso de fallos, asegurando un suministro eléctrico ininterrumpido.

Con la implementación del tablero de transferencia automática se obtienen varios beneficios, como mantener en funcionamiento los equipos eléctricos de control ante fallos en la red eléctrica, además de reducir los riesgos asociados a la pérdida de energía, dando como resultado, un aumento en la seguridad de los productos, personal operativo y de los equipos, sumado a que se minimizan las interrupciones y pérdidas de tiempo, mejorando la eficiencia de la planta.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 Criogenia

Ciencia relacionada con las bajas temperaturas de los gases, el prefijo “*crío*” proviene de griego *kryos* que significa bastante frio y “*genea*” que significa nacimiento (Pérez, 2013).

1.2 Planta criogénica

Industria dedicada a la producción y almacenamiento de gases licuados a bajas temperaturas, entre -100 y -273 grados centígrados. La elección del gas licuado se hace en función de la técnica a emplear, de la temperatura requerida y del comportamiento físico del gas (Pérez, 2013).

1.3 Sistema internacional de unidades

Es un sistema decimal que emplea unidades que son usadas comúnmente en la industria y el comercio, como lo son el kilogramo, volt, ampere, watt, etc. Expresa simplicidad entre unidades de electricidad, mecánica y calor (Sadiku, 2013).

Cantidad	Unidad básica	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd
Carga	coulomb	C

Fig. 1. Unidades base del sistema internacional (fuente: Sadiku, 2013).

De estas unidades se derivan otras unidades para expresar cantidades tales como el área, potencia, fuerza, flujo magnético, etc. Ver figura 2.

Cantidad	Símbolo	Unidad	Abreviatura
Fuerza	F	newton	N
Energía	W	joule	J
Potencia	P, p	watt	W
Voltaje	V, v, E, e	volt	V
Carga	Q, q	coulomb	C
Resistencia	R	ohm	Ω
Capacitancia	C	farad	F
Inductancia	L	henry	H
Frecuencia	f	hertz	Hz
Flujo magnético	Φ	weber	Wb
Densidad de flujo magnético	B	tesla	T

Fig. 2. Unidades derivadas del sistema internacional de unidades (fuente: Robbins & Miller, 2008).

Aunque por la naturaleza del trabajo, se menciona las unidades utilizadas comúnmente en electricidad y magnetismo, cuales se muestran en la figura 3.

Cantidad	Unidad del SI	Símbolo	Nota
Capacitancia	farad	F	1
Conductancia	siemens	S	
Carga eléctrica	coulomb	C	
Corriente eléctrica	ampere	A	2
Energía	joule	J	
Frecuencia	hertz	Hz	
Inductancia	henry	H	3
Diferencia de potencial	volt	V	
Potencia	watt	W	
Resistencia	ohm	Ω	4
Resistividad	ohm metro	$\Omega \cdot m$	
Intensidad de campo magnético	ampere por metro	A/m	
Flujo magnético	weber	Wb	5
Densidad de flujo magnético	tesla	T	
Fuerza magnetomotriz	ampere	A	

1. Anteriormente llamado *mho*.
2. 1 Hz = 1 ciclo por segundo.
3. 1 A/m = 1 ampere vuelta por metro.
4. 1 T = 1 Wb/m².
5. Lo que antes se llamaba *ampere vuelta* ahora simplemente se llama *ampere*: 1 A = 1 ampere vuelta.

Fig. 3. Unidades del sistema internacional usadas comúnmente en electricidad y magnetismo (fuente: Wildi, 2007).

1.4 Voltaje

La fuerza de atracción entre una carga positiva y una negativa necesita una cierta cantidad de energía en forma de trabajo para vencer dicha fuerza y separar las cargas a determinada distancia. Todas las cargas opuestas poseen cierta energía potencial a causa de la separación que hay entre ellas. La diferencia en la energía potencial por carga es la diferencia de potencial o *voltaje*. En circuitos eléctricos, el voltaje es la fuerza propulsora y es lo que establece la corriente. La unidad del voltaje es el volt simbolizado mediante la letra “V” (Floyd, 2007).

1.5 Corriente

Cuando un alambre de un material conductor integrad por varios átomos se conecta a una batería o una fuente, las cargas son obligadas a moverse. Las cargas positivas se mueven en una dirección, mientras que las cargas negativas se mueven en la dirección opuesta. Este movimiento de cargas crea corriente eléctrica (Sadiku, 2013).

Considerando la conexión de una batería y una lampara a un alambre conductor, los electrones son atraídos por el polo positivo de la batería y repelidos por el polo negativo como se muestra en la figura 4, los electrones se mueven por el circuito pasando a través del alambre, la lampara y la batería, este movimiento de carga se llama corriente eléctrica. A medida que una mayor cantidad de electrones pasan por segundo a través del circuito, mayor es la corriente, por lo tanto, la corriente es la rapidez de flujo o velocidad de movimiento de la carga. La corriente eléctrica se define en amperes (Robbins & Miller, 2008).

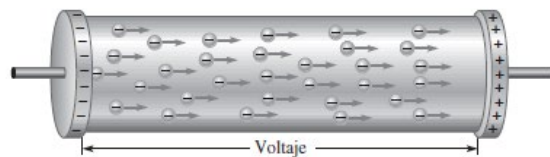


Fig. 4. Alambre conductor al que se le aplica voltaje, los electrones fluyen de negativo a positivo (fuente: Floyd, 2007).

Existen dos tipos de corriente, si la corriente no cambia con el tiempo, sino que permanece constante, se conoce como corriente directa (cd) siendo simbolizada con “I”. ver figura 5-a.

Cuando la corriente varía senoidalmente con el tiempo se conoce como corriente senoidal o corriente alterna (ca) la cual se simboliza con “ i ”, ver figura 5-b (Sadiku, 2013).

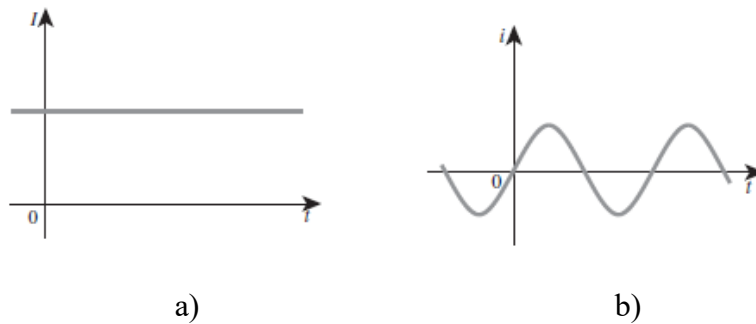


Fig. 5. a) corriente directa (cd); b) corriente alterna (ca) (fuente: Sadiku, 2013).

1.6 Potencia (instantánea)

Variación del tiempo de gasto o absorción de energía medida en watts “W”, la potencia absorbida debe ser proporcional a la corriente y la tensión a través del elemento (Durbin, 2012).

En un circuito se asignan variables de voltaje y corriente, hay dos maneras de arreglar la dirección de la corriente y la polaridad del voltaje, una de ellas es cuando la corriente entra en el circuito en la terminal positiva del voltaje y sale en la negativa, ver figura 6, entonces se dice que el voltaje y la corriente se apegan a la convección pasiva, que es cuando el voltaje impulsa una carga positiva en la dirección indicada por la corriente. basado en esto, la potencia calculada al multiplicar el voltaje por la corriente del elemento es la potencia absorbida por el elemento, aunque esta potencia también se denomina potencia recibida por el elemento. El valor de esta potencia puede ser negativa o positiva, pues el valor de esta dependerá del valor del voltaje y de la corriente del elemento (Dorf, 2011).

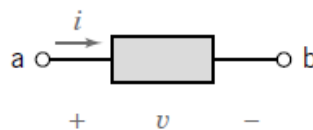


Fig. 6. Uso de convección pasiva (fuente: Dorf, 2011).

Por el contrario, cuando la corriente del circuito entra en la terminal negativa de voltaje y sale en la terminal positiva, se dice que no está siguiendo la convección pasiva, ver figura 7.

En este caso, el voltaje impulsa una carga positiva en la dirección opuesta a la indicada por la corriente, por ende, cuando el voltaje y la corriente del elemento no se apegan a la convección pasiva, la potencia calculada al multiplicar el voltaje del elemento por la corriente del elemento es la potencia alimentada por el elemento, esta potencia puede ser positiva o negativa dependiendo del valor del voltaje y de la corriente del elemento (Dorf, 2011).

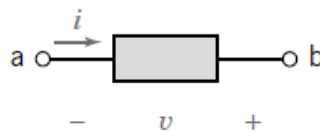


Fig. 7. No se usa la convección pasiva (fuente: Dorf, 2011).

1.7 Sistema eléctrico polifásico

Es un sistema en el que las fuentes de corriente (ca) operan a la misma frecuencia, pero en diferentes fases (Sadiku, 2013).

1.8 Sistema eléctrico trifásico

Es un sistema eléctrico en el que las tres fases son idénticas, pero suministran potencia en diferentes momentos, es decir, como lo indica el nombre, los circuitos trifásicos son aquellos en los que la función forzante es un sistema de voltajes trifásicos. Si los tres voltajes senoidales tienen la misma magnitud y frecuencia y cada voltaje está 120° fuera de fase con los otros dos, se dice que los voltajes están balanceados, si las cargas son tales que las corrientes producidas por los voltajes también están balanceadas, se dice que todo el circuito es un circuito trifásico balanceado (Irwin, 1997).

El conjunto de voltajes trifásicos balanceados puede representarse en el dominio de la frecuencia como se muestra en la figura 8.

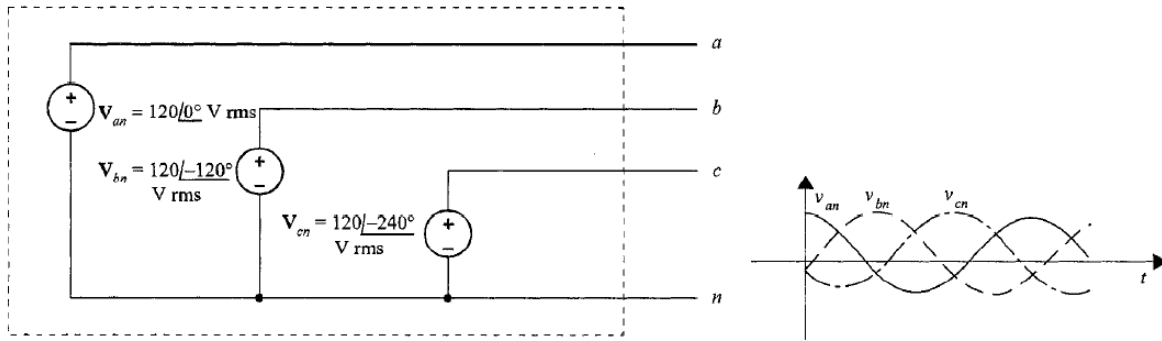


Fig. 8. Voltajes trifásicos balanceados (fuente: Irwin, 1997).

Por otro lado, se dice que una secuencia de fase es determinada por el orden en que los fasores pasan por un punto fijo en el diagrama de fase, es decir, es el orden temporal en que las tensiones pasan por sus respectivos valores máximos. La secuencia de fases es importante en la distribución de potencia trifásica debido a que determina la dirección de la rotación de un motor conectado a la fuente trifásica. Una carga trifásica balanceada puede conectarse en estrella o en delta (ver figura 9), dependiendo de la aplicación (Sadiku, 2013).

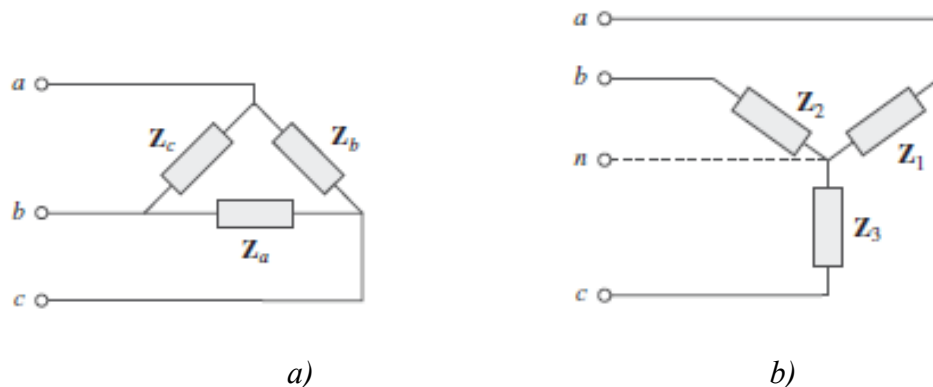


Fig. 9. a) una carga conectada en delta consta de tres impedancias conectadas a lo largo de una malla, b) una carga conectada en Y consta de tres impedancias a un nodo neutro. La carga está balanceada cuando tres impedancias son iguales en cualquiera de ambos casos (fuente: Sadiku, 2013).

Una carga balanceada conectada en delta es más común que una carga balanceada conectada en estrella. Esto se debe a la facilidad con la que pueden añadirse o retirarse de cada fase de una carga conectada en delta. Esto es muy difícil con una carga conectada en estrella, porque

la línea neutra podría no estar accesible. Por otra parte, las fuentes conectadas en delta no son comunes en la práctica a causa de la corriente circulante que se produciría en la malla en delta si las tensiones trifásicas están levemente desbalanceadas. Puesto que tanto la fuente como la carga trifásica pueden conectarse ya sea en estrella o en delta, se tienen cuatro conexiones posibles: (Durbin, 2012).

- Conexión estrella-estrella (es decir, fuente conectada en Y con carga conectada en Y).
- Conexión estrella-delta.
- Conexión delta-delta.
- Conexión delta-estrella.

1.9 Seguridad eléctrica

La instalación eléctrica debe asegurar que no presenta riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o que están cerca. Existen muchos elementos que pueden utilizarse para proteger a las personas que trabajan cerca de una instalación eléctrica, uno de estos elementos es la protección de conexión a tierra de todas las partes metálicas involucradas en la instalación, por otra parte, la inclusión de mecanismos que impidan que la puerta del tablero pueda abrirse mientras se encuentra energizado. La seguridad de la instalación eléctrica debe realizarse un análisis técnico-económico para determinar la inversión en protecciones para cada equipo, es decir, si un equipo representa una parte importante de la instalación y que sea muy costoso, no se deberá limitar la inversión de las protecciones (Campero, 1995).

Cuando se trabaja con electricidad, la posibilidad de recibir un choque eléctrico o una quemadura esta siempre presente, de manera que se debe de obrar con precaución, el cuerpo humano se vuelve una trayectoria de corriente cuando se aplica voltaje en dos diferentes puntos del cuerpo como se muestra en la figura 10, y la corriente produce un choque eléctrico. La corriente que pasa a través del cuerpo, no el voltaje, es la causa del choque eléctrico. Desde luego, se requiere que un voltaje pase por una resistencia para producir corriente. Cuando un punto del cuerpo se pone en contacto con un voltaje y otro punto entra en contacto con un voltaje diferente o con tierra, tal como un chasis metálico, circulará corriente por el cuerpo de un punto al otro. La trayectoria que tome la corriente dependerá de los puntos por los cuales ocurra el voltaje. La severidad del choque eléctrico resultante se relaciona con la

cantidad de voltaje y con la trayectoria que tome la corriente a través del cuerpo (Floyd, 2007).

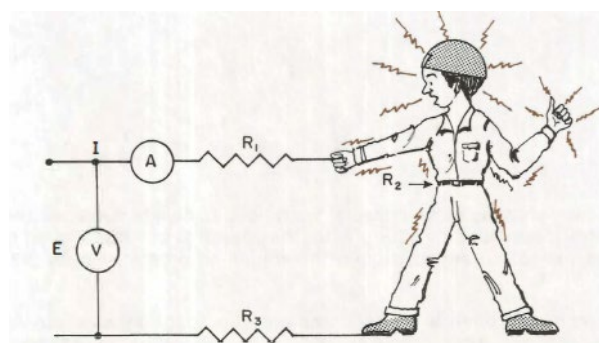


Fig. 10. El cuerpo humano se vuelve un conductor cuando se aplica voltaje en dos puntos diferentes del cuerpo (fuente: SENAFAD, sf).

La resistencia que opone el cuerpo humano al paso de dicha corriente varía según el sexo, la constitución, los puntos de contacto (piel espesa, callosa, fina, mucosa, etc.), el estado de la capa cutánea (piel seca, sudorosa, húmeda, etc.) y el estado de ánimo. La variación de resistencia que de ello se deriva puede ser considerable y la trayectoria de la corriente determina que tejidos y órganos son afectados, el efecto físico de la corriente a través del cuerpo se muestra en la figura 11 (SENAFAD, s,f).

CORRIENTE (mA)	EFECTO FÍSICO
0.4	Sensación ligera
1.1	Umbral de percepción
1.8	Choque, sin dolor, sin pérdida de control muscular
9	Choque doloroso, sin pérdida de control muscular
16	Choque doloroso, traspaso del umbral
23	Choque doloroso severo, contracciones musculares, dificultad para respirar
75	Fibrilación ventricular, umbral
235	Fibrilación ventricular, generalmente fatal por duración de 5 o más segundos
4,000	Parálisis cardíaca (no hay fibrilación ventricular)
5,000	Calcinación de tejidos

Fig. 11. Efectos de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano (fuente: Floyd, 2007).

1.10 Generador eléctrico

Dispositivo que convierte la energía mecánica en potencia eléctrica de ca con un voltaje y frecuencia específica. El voltaje interno generado depende de la tasa de rotación del eje y de la magnitud del flujo de campo. El voltaje de fase de la máquina difiere del voltaje interno generado por los efectos de la rotación en el inducido en el generador y también de la resistencia y reactancia interna de los devanados del inducido. El voltaje en las terminales del generador será igual al voltaje de fase. La determinación de la capacidad de producción eléctrica de un generador eléctrico dependerá principalmente del calentamiento interno de la máquina, pues cuando se sobrecalientan los devanados del generador, la vida útil de la máquina puede acortarse drásticamente. Debido a que hay dos tipos de devanados diferentes (inducido y de campo), existen dos restricciones diferentes sobre el generador. Para un generador de devanado inducido, el calentamiento máximo que permiten los devanados del inducido establece los KVA máximos que permite la máquina. Por otra parte, para un generador de devanado de campo, el calentamiento máximo que aceptan los devanados de campo establece el tamaño máximo de voltaje interno generado. El tamaño máximo de voltaje interno más el tamaño máximo de corriente interna determinarán el factor de potencia nominal del generador (Chapman, 2012).

1.11 Planta de emergencia

Tiene la función de suministrar energía a las cargas consideradas estrictamente como de emergencia por lapsos cortos de tiempo cuando ocurre una falla en el sistema principal de alimentación de energía eléctrica. Por lo general, son accionadas por motor de combustión interna diésel, gasolina o gas. Para plantas de emergencia de alta capacidad se usa diésel como combustible por ser más económico, menos inflamable y tener un poder calorífico mayor que otros combustibles. Una planta de emergencia es constituida principalmente por un motor generador (ver figura 12) de un tamaño que se determina en función del valor de la carga que se alimentara durante la interrupción de la alimentación principal, de igual manera el combustible es seleccionado en base a la carga y las restricciones normativas del lugar de instalación, la localización de la planta de emergencia y algunos otros aspectos (Harper, 2018).

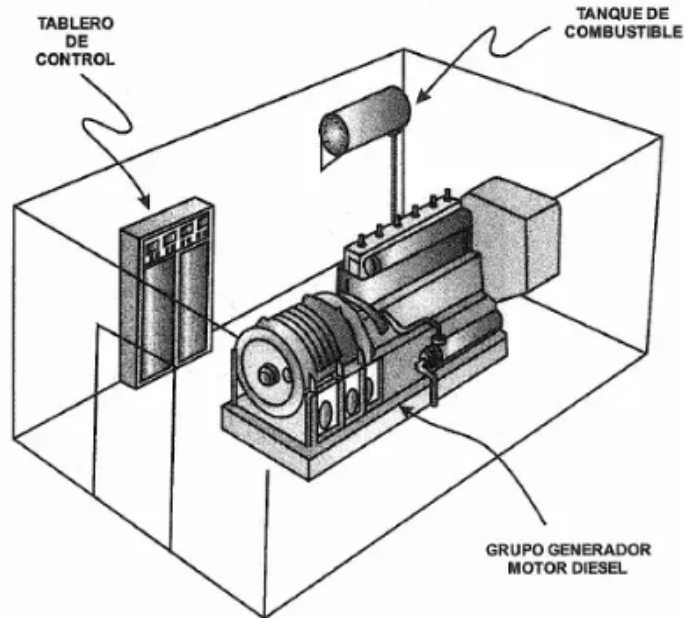


Fig. 11. Elementos principales de una planta de emergencia (fuente: Harper, 2018).

1.12 Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)

Se define como dispositivo encargado de suministrar energía de respaldo a los sistemas electrónicos cuando se producen cortes o fluctuaciones de energía. Un UPS permite garantizar el funcionamiento ininterrumpido y protección de los equipos sensibles contra potenciales daños (Schneider Electric. 2024).

1.13Cable conductor

Los conductores eléctricos son aquellos materiales que ofrecen poca oposición o resistencia al paso de corriente eléctrica a través de ellos. Todos los metales son buenos conductores de electricidad, sin embargo, algunos son mejores que otros, siendo la plata el mejor conductor, pero su uso se ve reducido por su alto costo, después se encuentra el cobre electrolíticamente puro que es el conductor que se emplea en más del 90% de conductores eléctricos (Becerril, 2005).

Por lo general los conductores eléctricos se fabrican de sección circular de material sólido o como cables, esto dependerá de la cantidad de corriente que se va a conducir, basándose en

normas, los conductores son identificados por un número que corresponde a lo que comúnmente se conoce como el calibre, el cual sigue el sistema americano de designación que se antecede con la leyenda AWG y Mil Circular Mills MCM que es cuando el área transversal tiene un diámetro de milésima de pulgada (Harper, 1996).

La norma NMX-J-451-ANCE-2011 y de tabla 310-104(a). Aplicaciones y aislamientos de conductores de 600 volts de la NOM-001-SEDE-2012, se indica las siguientes designaciones de aislamientos para conductores eléctricos

- T (Thermoplastic): Aislamiento termoplástico (este lo tienen todos los cables).
- H (Heat resistant): Resistente al calor hasta 75° centígrados (167° F).
- HH (Heat resistant): Resistente al calor hasta 90° centígrados (194° F).
- W (Water resistant): Resistente al agua y a la humedad.
- LS (Low smoke): Este cable tiene baja emisión de humos y bajo contenido de gases contaminantes.
- SPT (Service parallel thermoplastic): Esta nomenclatura se usa para identificar un cordón que se compone de dos cables flexibles y paralelos con aislamiento de plástico y que están unidos entre sí. También se denomina cordón dúplex.

1.14 Interruptor termomagnético

Es un dispositivo conocido como Breaker, el cual está diseñado para conectar y desconectar un circuito por medios de no automáticos y desconectar el circuito automáticamente cuando se detecta un nivel determinado de sobre corriente, sin que se dañe a si mismo cuando se aplica dentro de sus valores de diseño. La acción de conectar y desconectar un circuito eléctrico se realiza por medio de una palanca que indica la posición de ON y OFF, como se muestra en la figura 13 (Harper, 1998).

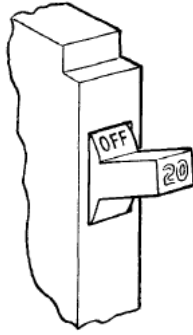


Fig. 13. El Interruptor termomagnético señala On u Off mediante la palanca del interruptor (fuente; Harper, 1998).

El elemento térmico conectado en serie con los contactos que tiene como función proteger contra condiciones de una sobrecarga gradual, es decir, cuando la corriente pasa a través del elemento térmico conectado en serie y origina su calentamiento, como resultado, cuando se produce un sobrecalentamiento excesivo a causa de la sobrecorriente, las cintas metálicas operan sobre los elementos de sujeción de los contactos desconectándolos automáticamente. Debe de transcurrir un tiempo para que el elemento se caliente, por lo que el disparo no ocurre exactamente en el instante de la sobrecorriente, es por esa razón que el fabricante proporciona la curva característica de operación del interruptor (Becerril, 2005).

Las curvas características de disparo muestran el tiempo de disparo en función de la corriente, esencialmente las curvas de disparo constan de dos partes como se muestra en la figura 14, siendo una de ellas el disparo de protección contra sobrecarga (dispositivo de disparo térmico), cuanto más alta sea la corriente, más corto será el tiempo de disparo. El segundo aspecto es el disparo de protección contra cortocircuito (dispositivo de disparo magnético), que indica que, si la corriente supera el lumbral del dispositivo de protección, el tiempo de corte será inferior a 10 milisegundos. (Curvas en interruptores Riel Din, Schneider Electric).

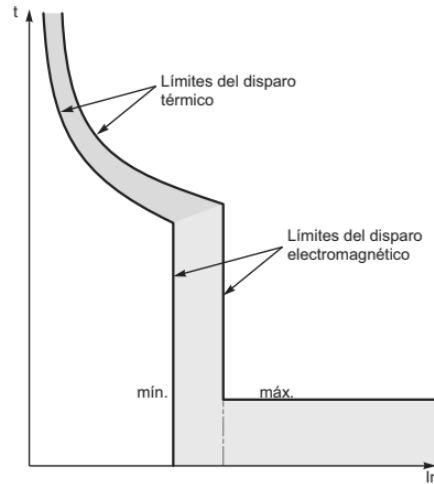


Fig. 14. Curva de disparo para interruptores termomagnéticos (fuente: Curvas en interruptores Riel Din, Schneider Electric).

1.15 Transformador eléctrico

Dispositivo con la función de cambiar la potencia eléctrica con un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna con otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. Un transformador consta de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético común. Las bobinas no se encuentran conectadas entre sí de forma directa, sino que están conectadas mediante el flujo magnético común que se encierra dentro del núcleo (Chapman, 2012).

Para distinguir las bobinas se aplica la convección del transformador, la cual establece que la bobina a la cual se aplica la fuente se llama primario, y la bobina a la cual se aplica la carga se llama secundario (Boylestad, 2011).

Los transformadores trifásicos pueden estar contruidos con tres devanados primarios y tres secundarios montados en el núcleo de tres patas, como se muestra en la figura 15, sin embargo, se obtiene el mismo resultado con tres transformadores monofásicos conectados mediante un banco para formar un banco de transformadores trifásico, este arreglo se presenta en la figura 16 (Wildi, 2007).

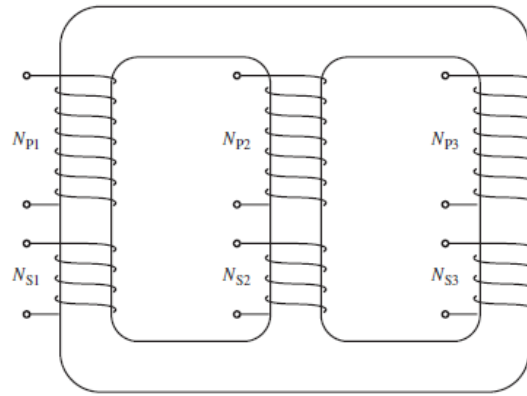


Fig. 15. Transformador trifásico construido con tres primarios y tres secundarios sobre un núcleo de tres columnas (fuente: Chapman, 2012).

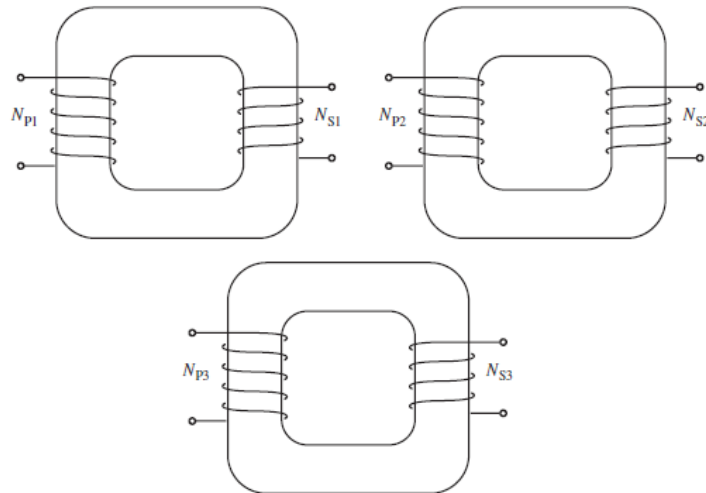


Fig. 16. Banco trifásico constituido por tres transformadores monofásicos (fuente: Chapman, 2012).

1.16 Sistema de control eléctrico

Sistema que comprende los métodos utilizados para controlar el desempeño de un sistema eléctrico, todo circuito de control consta de componentes conectados entre sí para lograr el desempeño deseado, el tamaño de los componentes varia en base de la potencia, pero es el mismo principio de operación, pues con componentes básicos de control es posible diseñar sistema complejos, dichos componentes pueden ser, interruptores de desconexión, cortacircuitos manuales, interruptores de selección, botones, relevadores, contactores,

relevadores térmicos, luces pilotos, interruptores de límite, interruptores especiales, transformadores y capacitores (Wildi, 2007).

1.17 Contactor magnético

Es esencialmente un relevador de control grande que se encarga de abrir y cerrar un circuito de potencia, un contactor se define como un dispositivo para realizar en forma repetitiva operaciones de cierre y apertura en un circuito eléctrico, se usan por lo general para cargas de alumbrado, calefacción, transformadores, control de motores, y capacitores. Se tienen dos tipos de contactores, los magnéticos y los electrónicos. Principalmente los contactores magnéticos están activados por medios electromecánicos mediante las acciones de solenoides. El uso del solenoide en lugar de la entrada manual en los controles representa una ventaja en los contactores magnéticos sobre los contactores manuales, pues con un contactor magnético y sus circuitos eléctricos asociados, el control remoto y la automatización puede diseñar un sistema que sería imposible realizar con un contactor manual (Harper, 2007).

Además de los contactos de potencia, por lo general hay uno o más contactos auxiliares abiertos o cerrados para propósito de control (Wildi, 2007).

1.18 Relevador de vigilancia (falla de fase)

Dispositivo encargado de proteger las cargas contra condiciones de fallo de voltaje, estos dispositivos de protección ofrecen protección contra pérdida de fase, inversión de fase y desequilibrio de fase, además de que son capaces de supervisar las caídas o aumentos simultáneos de voltaje y ofrecen apoyo para el cuidado de maquinaria dañada y lesiones de personal (Eaton, 2024).

1.19 Selector

Es un interruptor con un grupo de contactos fijos y un grupo de contactos móviles. Se puede hacer que los contactos se abran y cierren haciendo girar una manija o perilla (Wildi, 2007)

1.20 PushButton

Es un interruptor activado por la presión de los dedos, dos o más contactos se abren y cierran cuando el botón es oprimido, generalmente los botones cuentan con un resorte para regresar a su posición normal cuando se dejan de oprimir (Wildi, 2007).

1.21 Lampara piloto

Se usan como elementos auxiliares de señalización para indicar posición “dentro o fuera” de una componente remora en un sistema de control (Harper, 2007).

1.22 Control manual

Dentro de este sistema, los humanos participan en el seguimiento del proceso y en la toma de decisiones necesarias para lograr los cambios deseados en el proceso. El control manual está ampliamente disponible y puede ser efectivo para aplicaciones simples y pequeñas. El costo inicial de tales sistemas puede ser relativamente menor que el de los automatizados, pero el costo a largo plazo suele ser mucho mayor. Es difícil para los operadores lograr el mismo control/calidad debido a los diferentes niveles de experiencia en el dominio, así como a cambios inesperados en el proceso. El costo de operación y capacitación también puede convertirse en una carga a menos que ciertas funciones estén automatizadas. La mayoría de los sistemas comienzan usando control manual o existían anteriormente con operación manual. Los propietarios de sistemas adquieren y acumulan experiencia en control de procesos con el tiempo y eventualmente utilizan este conocimiento para realizar mejoras en los procesos y eventualmente automatizar el sistema de control (Kamel, 2014).

1.23 Control automático

El control automático es un tipo de control en el cual se incluyen tecnologías para supervisar y controlar los procesos, máquinas y dispositivos que ejecutan tareas repetitivas, el principal objetivo del control automático es reducir la intervención de humanos para lograr que las tareas se realicen de manera automática obteniendo la optimización de la producción y garantizando la calidad. Actualmente el control automático industrial utiliza controladores

lógicos programables que se encargan de recibir las señales de sensores, realizan cálculos y generan señales de salida para los actuadores (Harper, 2007).

1.24 PLC

Un controlador lógico programable (PLC) es una computadora industrial que recibe entradas de dispositivos de entrada y luego evalúa esas entradas en relación con la lógica del programa almacenado y genera salidas para controlar dispositivos de salida periféricos, generalmente un PLC consta de cinco partes, las cuales se muestran en la figura 17. Un PLC es un dispositivo que puede reemplazar los circuitos de relé secuencial necesarios para el control de procesos, lo que resulta en una gran reducción en el espacio, el consumo de energía y los requisitos de mantenimiento. Los PLC 's funcionan haciendo un muestro de sus entradas, dependiendo de su estado, activando las salidas para generar los cambios deseados en el sistema controlado. El usuario del PLC desarrolla e ingresa un programa, comúnmente a través de software que permite que los sistemas de control logren el resultado deseado, dichos programas, comúnmente se escriben en lógica de escalera (Kamel, 2014).

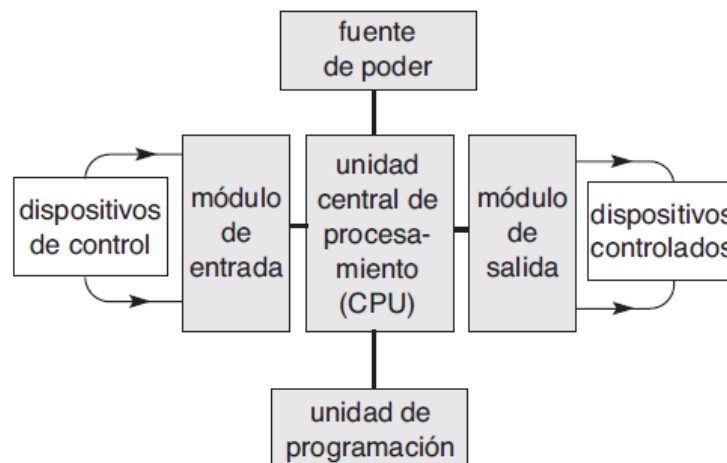


Fig. 17. Partes básicas que integran un controlador lógico programable, así como los dispositivos de control con los que trabaja (fuente: Wildi, 2007).

Actualmente los PLC 's son capaces de realizar operaciones matemáticas, controlar y regular procesos industriales, sumado a que los PLC pueden comunicarse entre sí, lo mismo que con

una computadora central, la cual puede reunir datos, cambiar los parámetros de operación e incluso modificar la programación de los PLC's (Wildi, 2007).

1.25 Módulos I/O

Estos dos de las cinco partes elementales de un PLC (ver figura 17), es decir, son módulos que sirven como interfaz para relacionar las entradas y salidas con el CPU. Un módulo de entrada es una interfaz entre los dispositivos de control y el CPU, mientras que los módulos de salida sirven como interfaz entre la CPU y los dispositivos que están siendo controlados. Los módulos pueden ser de tres tipos, digitales, analógicos y especiales (Wildi, 2007).

En otras palabras, un módulo de entrada realiza cuatro tareas principales: detecta la presencia de una señal de entrada, asigna la señal de entrada (que normalmente es de 120 VCA o 24 VCC a un voltaje CC bajo), aísla la señal de entrada de la señal de salida asignada y emite una señal de corriente continua que será detectada por el procesador PLC durante el ciclo de exploración de entrada. Por otro lado, Un módulo de salida funciona de manera opuesta a un módulo de entrada, el módulo de salida realiza la conmutación de voltaje al punto de salida del terminal seleccionado (Kamel, 2014).

1.26 Entradas y salidas digitales

Los módulos de entradas y salidas digitales proporcionan señales discretas de tipo voltaje on/off (Wildi 2007).

1.27 Entradas y salidas analógicas

Los módulos de entradas y salidas analógicas proporcionan señales de voltaje o corriente variables es decir un valor máximo a mínimo (Wildi, 2007).

1.28 Tablero de transferencia automática (TTA)

Ante un fallo en la alimentación eléctrica principal, la planta de emergencia puede entrar de forma manual o automática. Lo ideal es que sea en automático para evitar interrupciones en

1. $\frac{1}{2}$ 2. $\frac{1}{2}$ 3. $\frac{1}{2}$ 4. $\frac{1}{2}$ 5. $\frac{1}{2}$ 6. $\frac{1}{2}$ 7. $\frac{1}{2}$ 8. $\frac{1}{2}$ 9. $\frac{1}{2}$ 10. $\frac{1}{2}$

estos diagramas se emplean cuando se instala un equipo o se repara un circuito. La cuarta forma de representar es mediante un diagrama esquemático, donde se muestran todas las conexiones entre los componentes sin importar su ubicación física por disposición final, estos diagramas son importantes cuando se trata de la reparación de un circuito o cuando se analiza la operación de un equipo (Wildi, 2007).

1.30 Mantenimiento

Todas actividades que deben desarrollarse en orden lógico con el fin de conservar en condiciones de operación segura, efectiva y económica los equipos de producción, herramientas, y demás activos físicos de las instalaciones de una empresa, principalmente existen tres formas de mantenimiento, una de ellas es el mantenimiento correctivo, en el cual se realizan actividades para corregir las causas de las fallas en los equipos, maquinas, instalaciones o edificios cuando han dejado de funcionar o de prestar la calidad de servicio para el cual fueron diseñados. Otro tipo de mantenimiento es el mantenimiento preventivo, el cual es el conjunto de actividades programadas a equipos en funcionamiento que permiten en la forma más económica continuar su operación eficiente y segura, con tendencia a prevenir las fallas y paros imprevistos. Finalmente está el mantenimiento predictivo, el cual consta en la inspección periódica de máquinas en lapsos de tiempo estimados, con base en estadísticas, fruto de observación y la experiencia del equipo de mantenimiento para la determinación de fallos en su primera etapa de formación antes de avancen lo suficiente para originar daños (García, 2012).

CAPÍTULO II

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

A lo largo de este capítulo se presenta el desarrollo y procedimiento de las actividades realizadas para la elaboración de este proyecto. Inicialmente se abarcan los temas relacionados con los requisitos técnicos para una correcta selección de componentes del sistema de transferencia, posteriormente se aborda el tema donde se describe el entorno que representa el punto de partida para la planeación del diseño del sistema.

En seguida, se toca el tema acerca de los cálculos necesarios para la determinación de los componentes del sistema, dichos cálculos se hacen siguiendo la normativa eléctrica vigente para el territorio nacional, la NOM-001-SEDE-2012 y también en base a las especificaciones de la instalación eléctrica actual. Con los resultados obtenidos, se busca en catálogos de fabricantes los componentes que cubran las características necesarias de diseño para poder ser considerado en la integración del sistema. Los componentes necesarios seleccionados se presentan en una tabla en la que se resume las cantidades y características de estos.

De igual manera se mencionan las consideraciones de operación para los modos de funcionamiento del sistema, siendo estos el modo manual y el modo automático. Posteriormente se describe las características del PLC que se encargara de la gestión del funcionamiento del sistema, dentro de esta descripción se menciona la forma de conexión de los módulos de entrada y de salida, así como el tipo de señales de estas. Después de, se muestra el procedimiento de la programación del sistema en lenguaje de escalera en el software RsLogix500.

Finalmente, se aborda el procedimiento de la elaboración de los diagramas eléctricos y de ensamble del tablero. Dentro de los diagramas eléctricos se considera el diagrama unifilar, en el cual se detallan las características de la instalación eléctrica, por otra parte, el diagrama de conexión, en el cual se muestra la conexión del circuito de potencia y del circuito de control. Por último, se añade el diagrama de ensamble, donde se muestra la ubicación de los componentes dentro del gabinete eléctrico.

2.1 Consideraciones técnicas para la selección de los componentes

Esta sección tiene como objetivo detallar las consideraciones y criterios de la elección de componentes adecuados conforme a las disposiciones de la NOM-001-SEDE-2012, se analizarán los factores clave de la elección, tales como las características eléctricas de los componentes, el ambiente de la instalación, los valores de voltaje y corriente y las protecciones contra sobrecarga y cortocircuito.

La elección de los componentes se realiza en base a las normativas vigentes aplicables a los componentes y al tipo de instalación, haciendo énfasis especialmente en la NOM-001-SEDE.2012, la cual establece los lineamientos técnicos y de seguridad para las instalaciones eléctricas en México, la norma busca que los sistemas eléctricos sean seguros, eficientes y que cumplan los estándares de calidad.

Además, destaca la importancia de cumplir con la normativa para asegurar la confiabilidad, eficiencia y seguridad de las instalaciones eléctricas, reduciendo los riesgos de descargas eléctricas, incendios y fallas del sistema.

2.2 Descripción del entorno

Mantener un suministro eléctrico ininterrumpido es el principal objetivo del TTA, entonces se debe contar con un suministro principal y un suministro de respaldo para que el sistema de transferencia pueda gestionar el cambio entre el principal y el respaldo en caso de un fallo en el suministro principal o en casos que se requiera la transferencia por mantenimiento.

Para este proyecto se cuenta con un suministro eléctrico principal proporcionado por Comisión Federal de Electricidad (CFE) que tiene como destino la subestación eléctrica principal de Grupo Simec para su posterior distribución a las plantas pertenecientes a este grupo.

El suministro eléctrico recibido de parte de la subestación principal es transformado por los transformadores dentro de la planta criogénica, pero el voltaje con el que se involucra el TTA es de 480VCA, el cual es dirigido directamente a un transformador (Trafo A) que lo reduce a 208/120VCA para su utilización en luminarias, sistemas y elementos de control vitales para el funcionamiento y seguridad de la planta, así como de igual manera, seguridad del personal.

El voltaje reducido por el transformador llega a un panel (Panel A) donde se tiene la mayor concentración de elementos de control a mantener energizados, dentro de estos elementos se encuentra un UPS que deriva a otro panel donde se tiene como carga la alimentación de los PLC's que se encargan del control y manejo de la planta.

El suministro eléctrico de respaldo esta proporcionado por un generador eléctrico (grupo electrógeno estacionario de diésel), el cual entra en funcionamiento cuando el suministro eléctrico de CFE que es proporcionado por la subestación principal presenta un fallo o se encuentra en mantenimiento. Este generador tiene su centro de carga dentro de planta acerera número dos, la cual brinda energía del generador a planta criogénica.

En base a la información del suministro eléctrico principal y de respaldo, el TTA deberá gestionar el cambio del suministro principal al de respaldo con el fin de mantener energizado el transformador (Trafo A) que lo reduce al voltaje de control, para concentrarlo en el panel (panel A) donde se encuentran conectadas las cargas críticas.

Para la implementación, se considera como sitio de instalación el cuarto eléctrico que se encuentra dentro de la planta, el cual es un lugar acondicionado para el resguardo de equipos eléctricos de distribución de energía, en este cuarto se encuentra el Trafo A, que recibe energía directamente del suministro principal de la subestación de planta criogénica.

Al cuarto eléctrico llega el suministro de respaldo proveniente desde planta acerera número dos para energizar el sistema de un vaporizador, entonces en base a lo anterior, la integración del TTA consta de hacer las modificaciones en el sistema de cableado para hacer que ambos suministros lleguen al TTA para que se gestione su transferencia entre uno y otro con la intención de mantener un suministro ininterrumpido.

2.3 Cálculo para componentes

Según la NOM-001-SEDE-2012 Título 4, punto 4.3 Selección del equipo eléctrico, en las instalaciones eléctricas deben utilizarse materiales y equipos que cumplan con las normas oficiales mexicanas. Cada producto eléctrico que se selecciona debe tener características acordes con los valores y las condiciones para los cuales está previsto el diseño de la instalación eléctrica y deben cumplir con los requisitos que se enuncian a continuación:

- Todos los equipos eléctricos deben seleccionarse considerando el valor máximo de la intensidad de corriente, que conducen en servicio normal, y considerando la corriente que pueda conducir en condiciones anormales, y el periodo de tiempo durante el cual puede esperarse que fluya esta corriente.
- Cuando la frecuencia tiene influencia sobre las características de los equipos eléctricos, la frecuencia nominal de los equipos debe corresponder a la frecuencia susceptible de producirse en el circuito.
- Todo equipo eléctrico debe seleccionarse para soportar con seguridad los esfuerzos y condiciones ambientales características de su ubicación a las que puede estar sometido. Si un equipo no tiene las características de diseño correspondientes para su ubicación, éste puede utilizarse siempre y cuando se proteja por medios complementarios, los cuales sean parte de la instalación terminada.
- Los materiales y equipos eléctricos deben seleccionarse de manera que no causen efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación durante condiciones anormales de operación, incluyendo las maniobras de conexión y desconexión, los factores que pueden tener influencia son:
 - El factor de potencia
 - La corriente de arranque
 - El desequilibrio de fases
 - Las armónicas
 - Sobretensiones transitorias por los equipos de la instalación eléctrica.

Para la selección de los componentes se considera que el voltaje para transferencia será de 480VCA a 60Hz, y se debe energizar un transformador de 30KVA de 480VCA a 208/120VCA, el cual tiene como carga el panel A, donde se concentra lo siguiente:

EQUIPO	Pot. Inst. (KW)	FD	POT. DEM (KW)	TENSIÓN C.A (V)	FASES (No.)	CORRIENTE NOMINAL in (A)
Alumbrado cuarto CCM	0.96	1	0.96	127	1	8.4
Alumbrado luces de emergencia	0.08	1	0.08	127	1	0.7
Receptáculos torre de enfriamiento	0.54	1	0.54	127	1	4.72
Receptáculos cuarto CCM	0.36	1	0.36	127	1	3.15
Receptáculos área de tanques	0.54	1	0.54	127	1	4.72
Fotocelda alumbrado cto 1 y 2	0.1	1	0.1	127	1	0.87
CP11 control panel	1.5	1	1.5	127	1	13.12
Panel 3 celdas 5KV test power	0.05	1	0.05	127	1	0.44
CP50 control panel	0.6	1	0.6	127	1	5.25
CP50 panel 2 test power	0.05	1	0.05	127	1	0.44
Caldera HE 801-802	1.2	1	1.2	127	1	10.5
Receptáculos cool box	1.26	0.5	0.63	127	1	5.51
Receptáculos CP50	0.9	1	0.9	127	1	7.87
Receptáculos CP50	0.72	1	0.72	127	1	6.3
Resistencia bus out calefacción	1.2	1	1.2	127	1	10.5
Equipo 480V CCM	1.2	1	1.2	127	1	10.5
Tablero panel C	28	1	28	220	3	81.65
Alumbrado cool box	2.25	1	2.25	220	3	6.56
Alumbrado CP50 pipe rack	2.83	1	2.83	220	3	8.25
Alimentación a UPS	8	1	8	220	2	20.2
Alumbrado cuarto subestación	0.08	1	0.08	127	1	0.73
Equipo F10 supply	1.2	1	1.2	127	1	10.5
Equipo CE-35 supply	1.2	1	1.2	127	1	10.5
Panel de control CHILLER	1.8	1	1.8	127	1	15.75
Calef. 16A, panel 2, 3, 4 celdas 5KV	1.5	1	1.5	127	1	13.12
Calef. 16A, panel 1, celda 5KV	1.5	1	1.5	127	1	13.12
NER SPACE HEATER	1.5	1	1.5	127	1	13.12

Fig. 19. Cargas críticas para energizar en Panel A (fuente: elaboración propia).

Los cálculos para los elementos del tablero de transferencia se hacen en base a la siguiente información del transformador en la parte del primario:

Sistema trifásico: (3F+T)

Voltaje de línea a línea: (VL=480 Volts)

Voltaje entre línea y tierra: (VT=277 Volts)

Factor de potencia: (Fp=0.9)

Temperatura ambiente en Apizaco: (26-30°C)

Eficiencia: (Ef=1)

Distancia del suministro principal: 15 metros

Distancia del suministro de respaldo: 11.5 metros

Distancia del TTA al Trafo A: 10 metros

Potencia instalada: (27KW)

Factor de demanda: (1)

2.3.1 Corriente Nominal

$$P = V * I * fp * \sqrt{3}$$

$$In = \frac{P}{V * fp * \sqrt{3}} = \frac{27KW}{(440V)(0.9)(\sqrt{3})}$$

$$In = 36.08Amps$$

2.3.2 Capacidad del interruptor termomagnético

Según la NOM-001-SEDE-2012, artículo 210 Circuitos derivados, apartado 210-20 Protección contra sobrecorriente, los conductores Los conductores de circuitos derivados y los equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con valor nominal o ajuste que cumpla lo establecido en (a) hasta (d) siguientes.

- Cargas continuas y no continuas. Cuando un circuito derivado alimenta cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no-continuas, la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente no debe ser menor a la carga no-continua más el 125 por ciento de la carga continua.

Excepción: Cuando el ensamble, incluidos los dispositivos de sobrecorriente que están protegiendo el circuito derivado, esté aprobado para funcionamiento al 100 por ciento de su valor nominal, se permitirá que el valor nominal en amperes del dispositivo de sobrecorriente no sea menor que la suma de la carga continua más la carga no-continua.

- Protección del conductor. Los conductores se deben proteger de acuerdo con 240-4. Los alambres y cordones flexibles de las lámparas deben estar protegidos según 240-5.
- Equipo. La capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe exceder la especificada en los Artículos aplicables para el equipo, que se indican en la Tabla 240-3.
- Dispositivos de salida. El valor nominal o ajuste no debe exceder lo especificado en 210-21 para dispositivos de salida.

En el artículo 240 Protección contra sobre corriente, se indica que la protección contra sobre corriente para conductores y equipos se instala para que abra el circuito, si la corriente alcanza un valor que cause una temperatura excesiva o peligrosa en los conductores o en su aislamiento. Del apartado 240-80 se dice que los interruptores automáticos deben de ser de disparo libre y se deben poder abrir o cerrar manualmente.

Por otra parte, del artículo 110 Requisitos de las instalaciones eléctricas, apartado 110-9 Corriente de interrupción, indica que los dispositivos destinados a interrumpir corrientes de falla deben tener un rango nominal de interrupción no menor que la tensión nominal del circuito y la corriente existente en los terminales de línea del equipo. Los equipos destinados para interrumpir la corriente a otros niveles distintos del de falla, deben tener rango de

interrupción la tensión nominal del circuito, no menor que la corriente que debe ser interrumpida.

De tabla 450-3(b). valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobre corriente para los transformadores de 600 volts y menos. Se obtiene el dato que el factor de selección (fs) para la protección del primario cuando la corriente es de 9 amperes o más, se debe considerar al 125% del valor de la corriente nominal.

$$Cap.I.T.M = fs * In$$

$$Cap.I.T.M = 1.25(36.08Amp)$$

$$Cap.I.T.M = 45.1Amp$$

Entonces la protección seleccionada será 3X50Amps

2.3.3 Determinación de conductores

En el título 5, artículo 100 de la NOM-001-SEDE-2012, se define ampacidad como la corriente máxima que un conductor puede transportar continuamente, bajo las condiciones de uso, sin exceder su rango de temperatura.

De tabla 310-104(a). Aplicaciones y aislamientos de conductores de 600 volts. Se considera un conductor de tipo THW-LS, que es un conductor con aislamiento termoplástico resistente a la humedad, al calor, retardante a la flama, de emisión reducida de humo y de gas ácido. La temperatura máxima del conductor es de 75°C, es apto para lugares secos y mojados

Conductor tipo: THW-LS

Temperatura máxima: 75°C

Corriente nominal: 36.08Amps

Se considera la corriente nominal con un valor del 125%

$$InCond = 1.25(36.08Amp)$$

$$InCond = 45.11Amps$$

De tabla 310-15(b)(16). Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts y 60°C a 90°C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30°C.

Se considera un conductor de cobre con aislamiento tipo THW-LS calibre 6 AWG = 13.3mm² con una ampacidad nominal de 65 Amps.

2.3.4 Conductor de puesta a tierra

De tabla 250-122. Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalización y equipos. Considerando el ajuste de 50amps del dispositivo automático de protección contra sobre corriente en el circuito, el cable de puesta a tierra se considera de cobre con un tamaño de 10AWG equivalente a 5.26 mm².

2.3.5 Canalización

De tabla C-4. Número máximo de conductores o alambres para aparatos en tubo Conduit metálico intermedio. Se considera cuatro conductores calibre 6AWG dentro del tubo conduit, por lo tanto, se deberá utilizar una canalización con un tamaño comercial de una pulgada y un cuarto equivalente a 32mm.

2.3.6 Caída de tensión entre suministro principal y TTA

De tabla 9. Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75°C. Tres Conductores individuales en un tubo Conduit. Además de datos otorgados anteriormente:

$$Z=1.48 \text{ ohms/km} \quad L=15\text{mts} \quad I_n=36.08\text{Amps} \quad V_L=480\text{V}$$

$$e = \sqrt{3} * Z * L * I_n$$

$$e = \sqrt{3} * 0.00148 * 15 * 36.08 = 1.38\text{V}$$

$$e\% = \frac{e * 100}{V_L} = \frac{1.38 * 100}{480} = 0.29\%$$

2.3.6 Caída de tensión entre Generador de respaldo y TTA

$$Z=1.48 \text{ ohms/km} \quad L=11.5\text{mts} \quad I_n=36.08\text{Amps} \quad V_L=480\text{V}$$

$$e = \sqrt{3} * Z * L * I_n$$

$$e = \sqrt{3} * 0.00148 * 11.5 * 36.08 = 1.06\text{V}$$

$$e\% \frac{e * 100}{V_L} = \frac{1.06 * 100}{480} = 0.22\%$$

2.3.7 Caída de tensión entre TTA y Trafo A

$$Z=1.48 \text{ ohms/km} \quad L=10\text{mts} \quad I_n=36.08\text{Amps} \quad V_L=480\text{V}$$

$$e = \sqrt{3} * Z * L * I_n$$

$$e = \sqrt{3} * 0.00148 * 15 * 36.08 = 0.92\text{V}$$

$$e\% \frac{e * 100}{V_L} = \frac{0.92 * 100}{480} = 0.19\%$$

2.3.8 Contactores

En base a los valores anteriormente obtenidos de corriente nominal y corriente de interrupción del dispositivo de protección, se considera un contactor trifásico de potencia capaz de soportar 50 Amps.

2.3.9 Relevador de vigilancia

El relevador de vigilancia debe soportar el valor de tensión de trabajo del TTA, también ser capaz de detectar un corte en las fases, así como desequilibrio dentro de la secuencia de fases.

2.4 Materiales por utilizar

Los materiales para utilizar se seleccionan mediante una búsqueda en catálogos de distintos fabricantes usando los datos que se obtuvieron de la sección del cálculo de componentes, a continuación, en la tabla uno se muestra la lista de los materiales para la implementación del tablero de transferencia automática.

Tabla 1. Lista de materiales para la implementación del TTA, selección de materiales con distintos fabricantes en base a datos obtenidos en parte de cálculo de componentes (fuente: elaboración propia).

Descripción	Cantidad	Marca	Número de pieza
Gabinete metálico 600x400x250 con placa de montaje.	1	Schneider Electric	NSYCRN64250P
Interruptor termomagnético miniatura 3 polos a 60 Amps.	2	Siemens	5SY4360-7
Interruptor automático magnetotérmico de 1 polo a 10Amps.	1	Siemens	S 5SL61107CC
Cable conductor 6AWG	30 mts	Condumex	CTHW-6R
Cable conductor 16AWG	10 mts	Condumex	CX-CTHW-16N
Cable de tierra física 10 AWG	30 mts	Condumex	VINANEL XXI
Tubo conduit pared gruesa de 32 milímetros (1 1/4)	4 tubos de 3mts	Catusa	TPG32
Contactor de potencia tripolar 110V a 60HZ con contactos auxiliares 1NA + 1NC.	2	Siemens	3RT20361AK60
Relevador de vigilancia analógico para pérdida y secuencia de fase.	2	Siemens	3UG45121BR20
Riel DIN 35mm perforado de 2mts.	1	Altech	2511120
Canaleta ranurada 40x60mm de 2mts.	1	Arnocanali	V6K6040
Selector completo de metal brillante de tres posiciones	1	Siemens	3SU11502BL601NA0 S

Botón pulsador completo de metal brillante con enclave momentáneo y contacto NA (verde)	2	Siemens	3SU11500AB401BA0 S
Botón pulsador completo de metal brillante con enclave momentáneo y contacto NC (rojo)	1	Siemens	3SU11500AB201CA0 S
Botón tipo hongo completo metal brillante	1	Siemens	3SU11501BA201CA0
Lámpara de señalización con LED de plástico (verde)	2	Siemens	3SU11036AA401AA0 S
Lámpara de señalización con LED de plástico (rojo)	1	Siemens	3SU11036AA201AA0 S
Controlador Lógico Programable	1	Allen Bradley	1766-L32AWAA
Zapata tipo pin 16-14AWG bolsa con 100 piezas.	1	Weidmuller	9200470000
Condulet LR de 1 1/4	4	Crouse Hinds	LR43
Condulet LL de 1 1/4	4	Crouse Hinds	LL43
Conector para tubo conduit 1 1/4	8	Crouse Hinds	CONECTOR32TADO

2.6 consideraciones de operación

El sistema de transferencia debe funcionar bajo ciertas condiciones y reglas para asegurar la seguridad y un correcto funcionamiento. El sistema debe detectar la presencia del suministro eléctrico proveniente de la subestación eléctrica de planta criogénica y, de igual manera debe detectar la presencia del suministro eléctrico de respaldo.

La transferencia entre suministros puede realizarse de manera automática o de manera manual, dando la opción de elegir cualquiera de ambas opciones. En el modo manual, el sistema no deberá dar prioridad a ninguno de los suministros eléctricos, pues el operador debe seleccionar el suministro a utilizar y como medida de seguridad, por ningún motivo debe enclavarse los dos suministros al mismo tiempo, pues solo podrá hacerse el cambio de suministro hasta que el operador lo realice haciendo el desenclave del suministro que se esté

utilizando en ese momento para posteriormente realizar el cambio. Las medidas y condiciones de seguridad se deberán especificar dentro del programa del PLC.

Dentro del modo automático, el usuario pierde protagonismo debido a que no es necesaria su interacción con el TTA, pues el sistema se encarga de la detección de los suministros eléctricos y de la gestión de la transferencia. El funcionamiento en el modo automático consiste en la asignación de prioridad del suministro principal y la transferencia se realiza cuando se detecta un desbalance, pérdida de fase o fallo dentro del suministro eléctrico dando un breve periodo de retardo a la transferencia al suministro de respaldo para evitar la conexión de líneas no coincidentes que pudiera causar un accidente eléctrico. Cuando el sistema detecta el regreso a la normalidad del suministro eléctrico principal se deberá gestionar la transferencia a este suministro dando de igual manera un tiempo breve de retardo a la conexión. Las condiciones de funcionamiento y de seguridad constituyen la programación del PLC.

2.6.1 Descripción del funcionamiento de los componentes

El tablero de transferencia está constituido por una serie de componentes que en conjunto constituyen al sistema de transferencia, y cada uno de estos componentes cumple una función especial dentro del funcionamiento.

El gabinete eléctrico cumple con la función de ser el área donde se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección y señalización del sistema. El gabinete eléctrico protege a los componentes del polvo y el agua, mientras de igual manera protege a la instalación y al usuario de descargas eléctricas.

Los dispositivos automáticos (Termomagnéticos) tienen la función de proteger al sistema contra sobrecorriente y cortocircuito, en el sistema de transferencia se cuenta con tres dispositivos de protección, dos se encuentran en la sección de potencia y uno se encuentra dentro de la sección de control.

Los dos contactores de potencia funcionan como contacto automático, que mediante señales que provienen del PLC abren o cierran sus contactos primarios para energizar la carga crítica.

Sus contactos auxiliares tienen la función de servir como medida de conexión y desconexión de las lámparas piloto de señalización.

Ambos relevadores de vigilancia realizan la tarea de la detección de la pérdida de fase, desbalance o pérdida general del suministro para enviar una señal al PLC para la gestión rápida de la transferencia.

El botón pulsador tiene la función de abrir o cerrar un circuito para enviar una señal al PLC, el sistema contiene tres botones pulsadores, los cuales encuentran lugar en el modo manual, con los pulsadores verdes (NA) se realiza el cierre del circuito para que el PLC de la indicación al contactor de cerrar sus contactos principales, ya sea para el suministro principal o para el respaldo. Con el pulsador rojo (NC) se abre un circuito eléctrico que envía una señal al PLC para que se abran los contactos principales y se corte el suministro eléctrico conectado.

El selector brinda la opción de cambiar entre los modos de operación del sistema de transferencia, pudiéndose hacer una selección al modo manual o al modo automático, pero no ambos al mismo tiempo.

El botón tipo hongo cumple la función de un paro ante emergencia, haciendo un corte en el circuito eléctrico de control impidiendo que se realice alguna maniobra mientras este se encuentre accionado.

Lámparas piloto de señalización sirven para indicar el suministro eléctrico al cual se está conectado (ambas pilotos en color verde) siendo el principal o el respaldo. La lámpara piloto color rojo indica que el sistema no se encuentra conectado a ningún suministro.

2.7 Programación del PLC

En el punto 2.6 se indica las consideraciones del funcionamiento del sistema, resaltando que dichas indicaciones deben indicarse dentro de la programación del PLC, por lo tanto, la programación se realiza en dos partes, siendo la programación del modo manual y del modo automático.

En base a la información técnica del PLC Allen Bradley 1766-L32AWAA, la programación debe ser desarrollada en el software RsLogix500, el cual es un software de programación y diseño para las plataformas de controladores 1747 SLC y MicroLogix. El método de programación es mediante diagrama de escalera.

El PLC Allen Bradley MicroLogix 1400 1766-L32AWAA es un controlador que puede utilizarse en entornos industriales, el cual cuenta con veinte entradas digitales de 120VCA y con cuatro entradas analógicas que se ilustran en la figura 20.

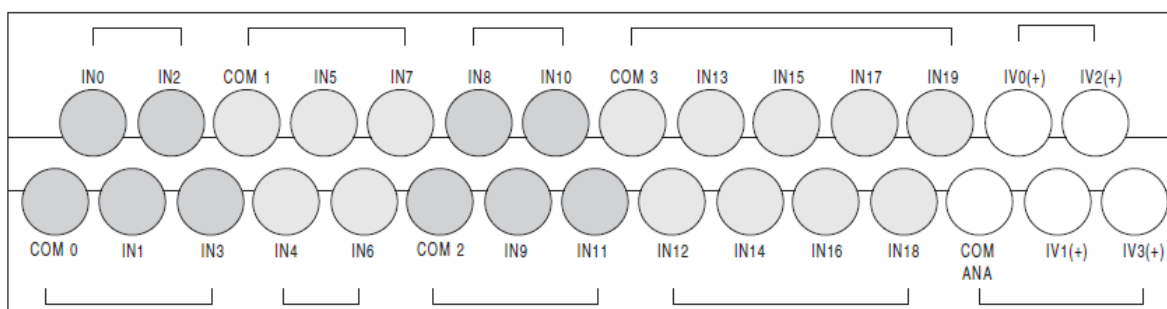


Fig. 20. Bloque de terminales de entrada del controlador MicroLogix 1400 1766-L32AWAA (fuente: Manual de operación del controlador MicroLogix 1400 1766-L32AWAA, Allen Bradley).

Para las salidas, el PLC tiene la disposición de doce salidas de relé y dos salidas analógicas, tales que se muestran en la figura 21.

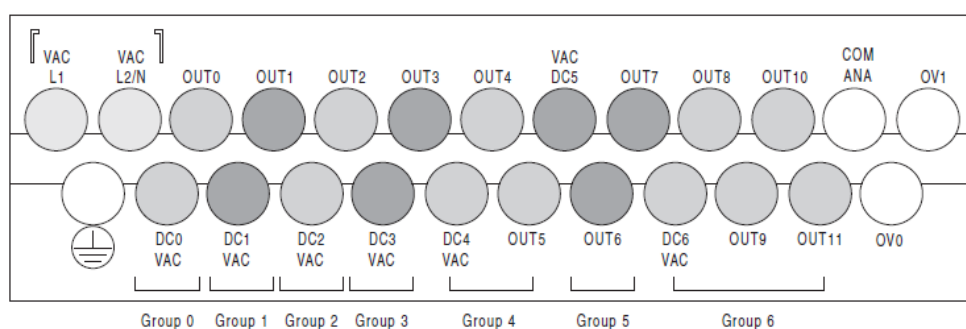


Fig. 21. Bloque de terminales de salida del controlador MicroLogix 1400 1766-L32AWAA (fuente: Manual de operación del controlador MicroLogix 1400 1766-L32AWAA, Allen Bradley).

Los componentes que se mencionan en la tabla 1 conforman en su mayoría las entradas y salidas del PLC, entonces como primer paso antes de la programación es importante la ubicación de las entradas y salidas, las cuales se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Listado de ubicación de entradas y salidas del PLC (fuente: elaboración propia).

Entradas		Salidas	
I:0/0	Paro modo manual (NC)	O:0/0	Contactor KM1 en manual
I:0/1	Modo automático (NA)	O:0/1	Contactor KM1 en modo automático
I:0/2	Modo manual (NA)	O:0/2	Contactor KM2 en modo manual
I:0/3	Entrada red manual (NA)	O:0/3	Contactor KM2 en modo automático
I:0/4	Entrada generador manual (NA)		
I:0/5	Auxiliar relé red (NC)		
I:0/6	Auxiliar relé generador (NC)		
I:0/7	Paro emergencia (NC)		
I:0/8			

Como se menciona en la sección 2.6 acerca de las consideraciones de operación, se indican dos modos de funcionamiento que obedecen una lógica, la cual se muestra en la figura 22.

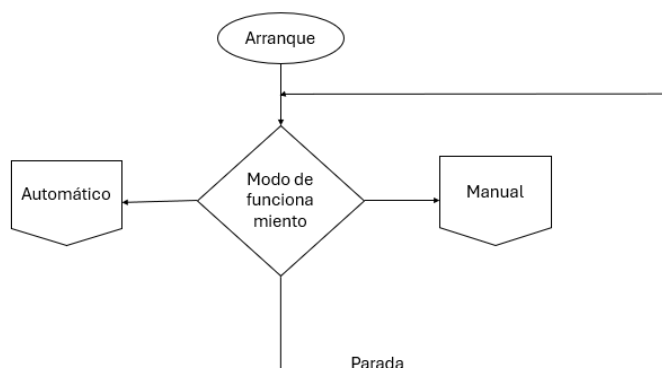


Fig. 22. Diagrama de flujo de operación del sistema de transferencia (fuente: elaboración propia).

2.7.1 Programación modo manual

El modo manual se caracteriza por necesitar la intervención del operador para realizar el proceso de transferencia. Dentro de este modo se tiene la opción de enclavar el suministro principal o el respaldo, con la desventaja de que ante la presencia de un fallo en el suministro eléctrico el tiempo de realización de la transferencia dependerá en su mayoría de la respuesta del operador.

Para el enclavamiento del suministro principal se debe considerar una serie de condiciones para asegurar la correcta transferencia, estas instrucciones estan relacionadas con el listado de ubicación de entradas y salidas que se muestra en la tabla 2. Pues para el enclavamiento del suministro principal se debe iniciar con el paro en modo manual, seguido de que el selector deberá estar posicionado en la opción de manual, siguiendo con el enclave del pulsador y la bobina de arranque de enclavamiento de entrada para el suministro principal, mientras que es de vital importancia la indicación de que si se encuentra alimentada la bobina de arranque del suministro del generador no se debe permitir el enclave del suministro principal. Estas instrucciones se muestran en la primera linea de código que se ve en la figura 23.

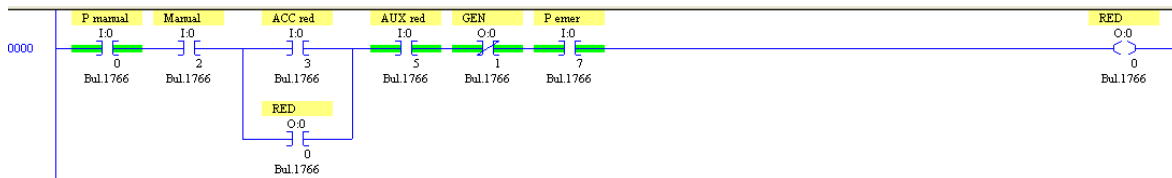


Fig. 23. Línea de programación para enclavamiento del suministro principal en el modo manual (fuente: elaboración propia).

Para la transferencia o selección al suministro eléctrico de respaldo se sigue un procedimiento muy parecido al del suministro principal, pues se tiene al paro de modo manual al inicio de la línea, posteriormente se debe tener el selector en modo manual, seguido del enclave con el arranque de la bobina del respaldo siguiendo con la seguridad de que no se realice el enclave del principal mientras este enclavado el respaldo para que al final este el paro de emergencia. Esta lógica se muestra en la segunda línea de código que se ilustra en la figura 24.

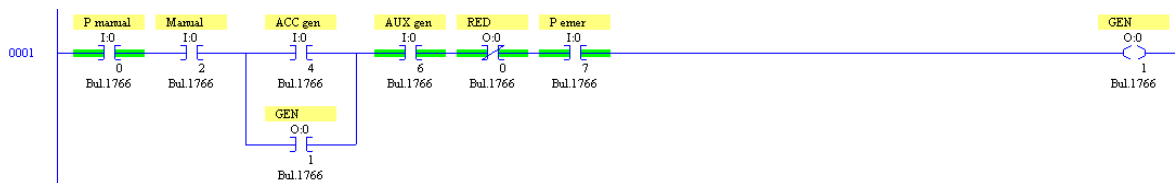


Fig. 24. Línea de programación para enclavamiento del suministro de respaldo en el modo manual (fuente: elaboración propia).

2.7.2 Programación modo automático

El modo automático presenta la ventaja de disminuir la intervención del personal humano para la gestión de la transferencia, provocando un incremento en la disminución del tiempo de respuesta ante una falla del suministro eléctrico. Esto se logra mediante la intervención de los relevadores de vigilancia los cuales cumplen la función de enviar una señal al PLC para la gestión de la transferencia ante un desbalance o pérdida de fase en los suministros de alimentación.

Al suministro al que se le da prioridad es al suministro principal que es proveniente de la subestación de planta criogénica, entonces, la lógica de funcionamiento inicia sabiendo que el paro de emergencia está fuera, posteriormente el selector debe estar en modo automático y el relevador de vigilancia debe detectar la presencia de las fases del suministro principal, siguiendo que no esté enclavado el respaldo para así poder energizar el contador con retardo a la conexión con un tiempo de 5 segundos para que finalmente se obtenga el enclavamiento de entrada al suministro principal. Las instrucciones para seguir se muestran en la figura 24.

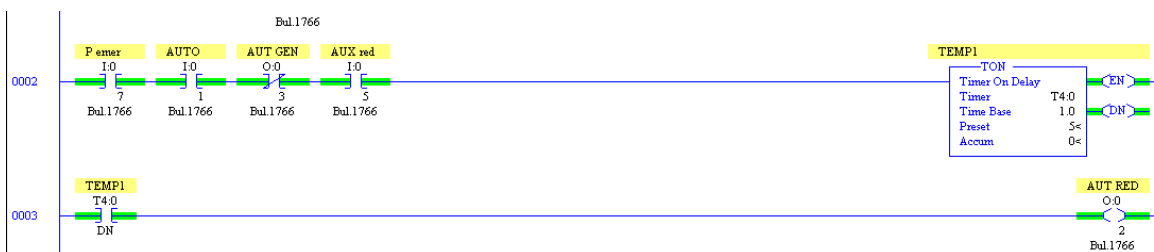


Fig. 24. Líneas de programación para el enclavamiento del suministro principal en el modo automático (fuente: elaboración propia).

La gestión de la transferencia al suministro de respaldo sucede cuando el relevador de vigilancia conectado al suministro principal detecta anomalías en el suministro, entonces, la lógica de programación al igual que en el suministro principal, debe tener fuera el paro de emergencia, el selector en modo automático, además de la comparación de que el contacto de arranque del suministro principal se encuentra abierto y el relevador de vigilancia del suministro de respaldo está detectando la presencia de las fases de alimentación, como resultado se energiza el temporizador con retardo a la conexión con una configuración de cinco segundos para el enclavamiento del suministro de respaldo. Las instrucciones de funcionamiento se muestran en la figura 25.

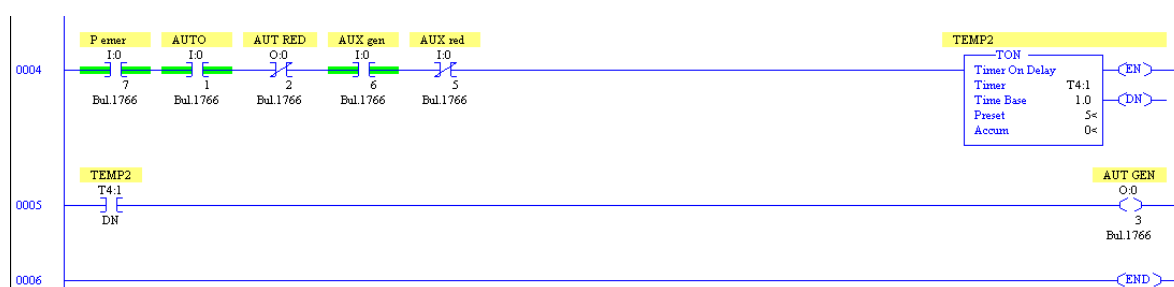


Fig.25. Lineas de programación para el enclavamiento del suministro de respaldo en el modo automático (fuente: elaboración propia).

2.7 Circuito de control y circuito de potencia

El sistema de transferencia funciona en conjunto de un circuito de control y un circuito de potencia. Inicialmente, el circuito de control consta de los elementos de mando, control y señalización, los cuales en este caso funcionarían con un voltaje de 110 volts de corriente alterna. Mientras que el circuito de potencia es aquel que es capaz de soportar los 480 volts de corriente alterna que se consideran para la transferencia.

2.7.1 Circuito de control

El circuito de control cumple con la función de realizar las indicaciones de mando, gestión y señalización, como se menciona en el punto 2.6.1, los elementos del circuito son los botones pulsadores, selector, lámparas piloto, botón de paro de emergencia y el PLC.

El circuito de control encuentra relación en la figura 20, 21 y la tabla 2, pues en ellas se puede observar los bloques de terminales de entrada y de salida, además de la lista de entradas y salidas del PLC, entonces, en la figura 26 se muestra la alimentación de control siendo de 110VCA y el elemento de protección que es un interruptor termomagnético de 10Amps, también se aprecia el bloque de terminales de entrada, así como las indicaciones de conexión de las señales de mando que son del tipo de entrada digital.

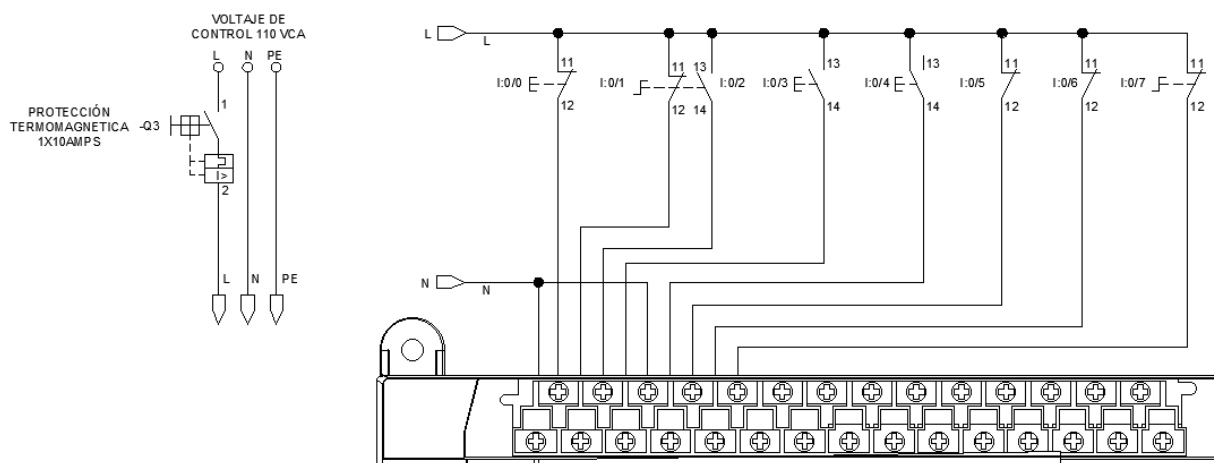


Fig. 26. Diagrama de conexionado para el bloque de terminales de entrada al PLC, así como las señales de entrada (fuente: elaboración propia).

Posteriormente, en la figura 27 se observa que en el bloque de terminales de salida del PLC se encuentran los bornes de alimentación y de protección, además de que por la naturaleza de tipo relé de las salidas se necesita energizar un común para cada salida que se utiliza, siendo las señales del tipo digital al igual que las entradas.

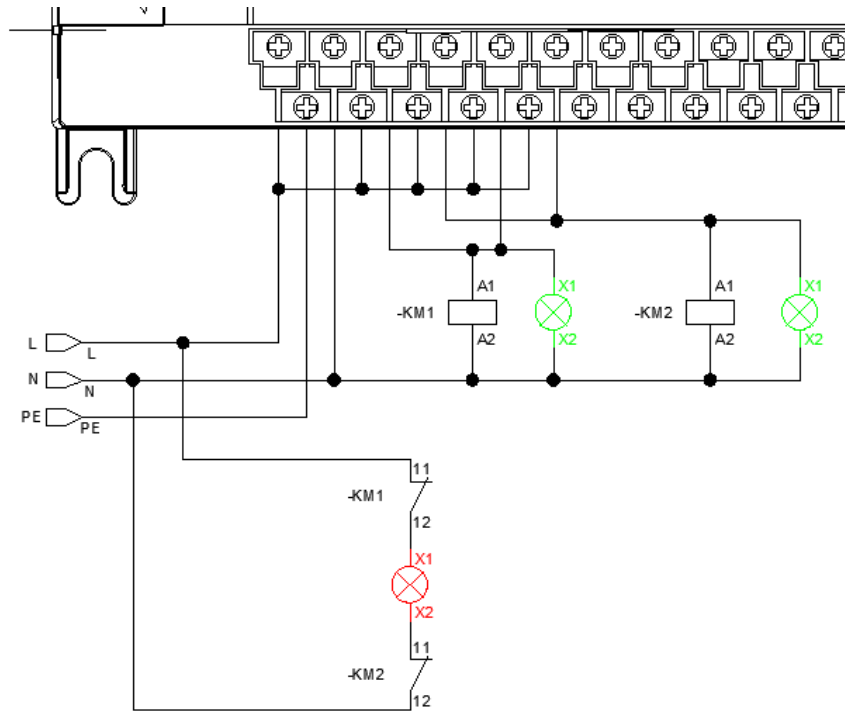


Fig. 27. Diagrama de conexión para el bloque de terminales de salida del PLC, así como las señales de salida y la alimentación del PLC. (fuente: elaboración propia).

2.7.2 Circuito de potencia

Para el circuito de potencia se tiene los interruptores termomagnéticos de 60Amps, los contactores de potencia y los relevadores de vigilancia. En la figura 28 se muestra los suministros con los cuales trabaja el sistema, así como la protección para cada suministro.

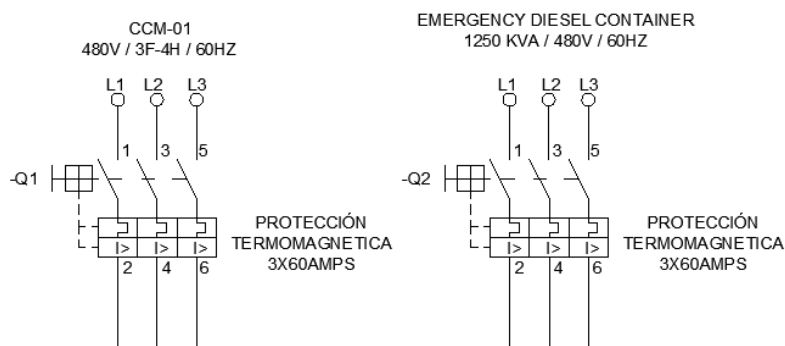


Fig. 28. Suministros para la transferencia y sus protecciones (fuente: elaboración propia).

Posteriormente se encuentran los relevadores de vigilancia, los cuales detectan la pérdida o desequilibrio en algunas de las fases del suministro para enviar una señal al PLC para la gestión de la transferencia, ver figura 29.

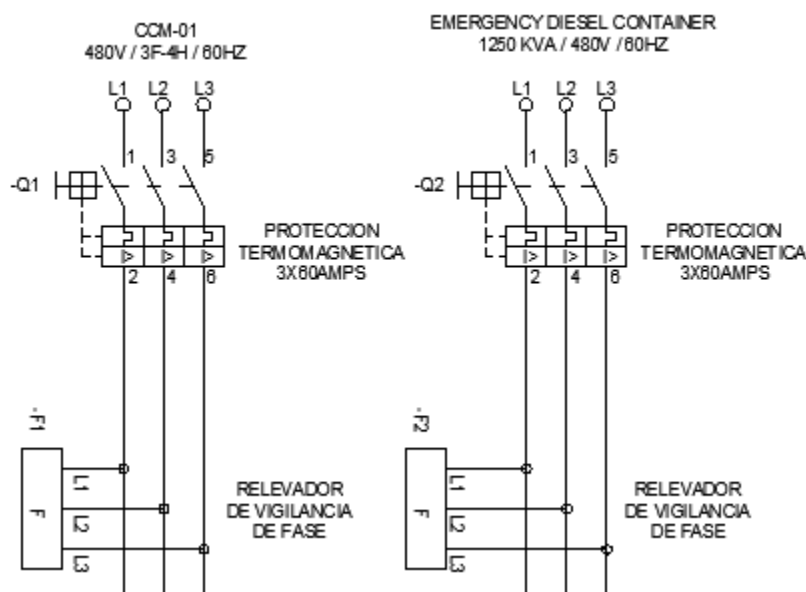


Fig. 29. Conexión de relevadores de vigilancia dentro del circuito de potencia para la gestión de transferencia (fuente: elaboración propia).

Delante de los relevadores de vigilancia se encuentran los contactores de potencia, uno para cada suministro, los cuales abren o cierran sus contactos principales según las indicaciones del PLC pues dependerá del modo de y condiciones de operación, después está el punto de unión de los suministros para que se tenga la salida de la alimentación del transformador que reduce el voltaje de entrada al voltaje de control, el cual se dirige hacia el panel donde se encuentran las cargas críticas a mantener energizadas en todo momento. En la figura 30 se muestra el diagrama de conexión del circuito de potencia, el cual es el complemento de las figuras 28 y 29.

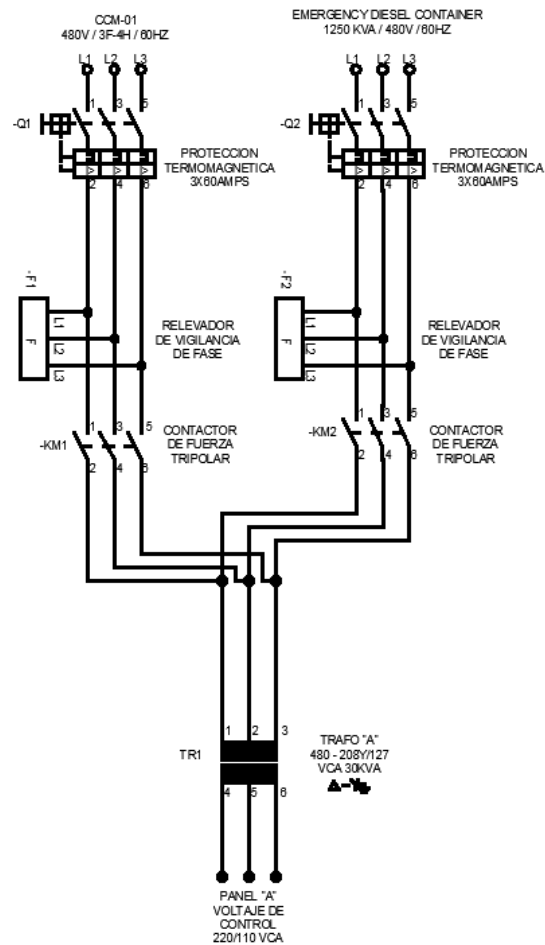


Fig. 30. Diagrama de conexionado del circuito de potencia (fuente: elaboración propia).

2.8 Layout del tablero

La distribución de los componentes que constituyen al sistema de transferencia dentro del espacio del gabinete se representa mediante un esquema de layout. Durante los puntos anteriores se menciona los componentes que integran al sistema y sus características de cada uno, por lo tanto, en esta parte se trata la ubicación de cada uno de ellos.

Para la elaboración del esquema se rescata en su mayoría los archivos CAD de páginas de fabricantes de los componentes, posteriormente se realiza el ensamble de cada uno de ellos dentro del gabinete. En primera instancia se ensamblan los rieles DIN en tres niveles dentro de la placa de montaje del gabinete y también la instalación de la canaleta perforada para el cableado del sistema, ver figura 31.

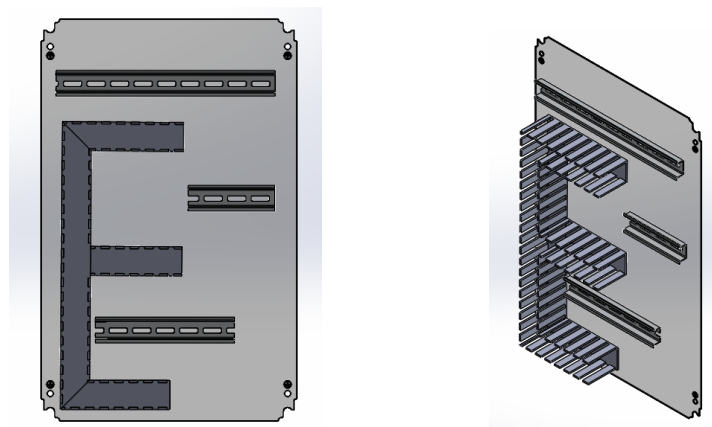


Fig. 31. Ubicación del riel Din y de canaleta perforada dentro de la placa de montaje del gabinete (fuente: elaboración propia).

En cada uno de los niveles de los rieles DIN se ubican los componentes, en el primer nivel se encuentran los interruptores termomagnéticos y los relevadores de vigilancia para el circuito de potencia, además del interruptor termomagnético para el circuito de control, ver figura 32.

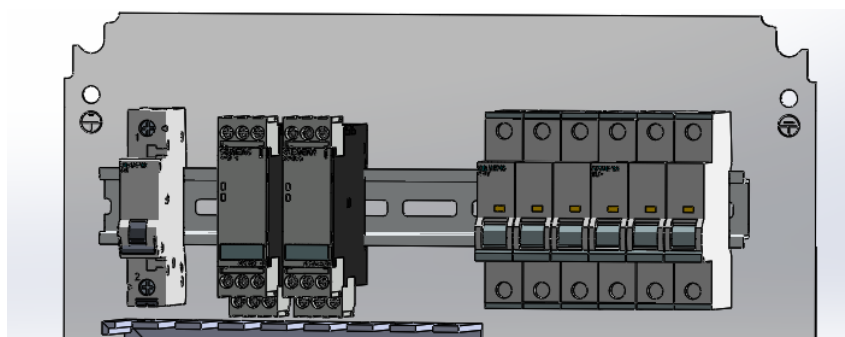


Fig. 32. Componentes de protección y vigilancia para el circuito de potencia y componente de protección para el circuito de control (fuente: elaboración propia).

En el segundo nivel se encuentran los contactores de potencia, los cuales reciben el voltaje de transferencia a sus contactos principales y el voltaje de control a las terminales de sus bobinas, ver figura 33.

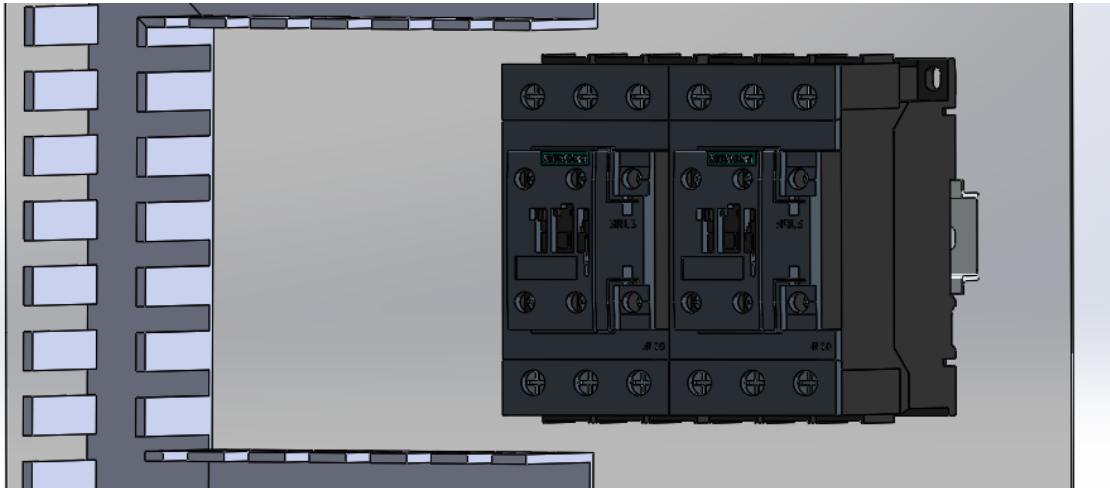


Fig. 33. Contactores de potencia ubicados en el segundo nivel del riel DIN (fuente: elaboración propia).

Posteriormente, en el tercer nivel se encuentra el PLC el cual realiza el control de la transferencia en base a las señales de entrada para la gestión de las señales de salida, ver figura 34.

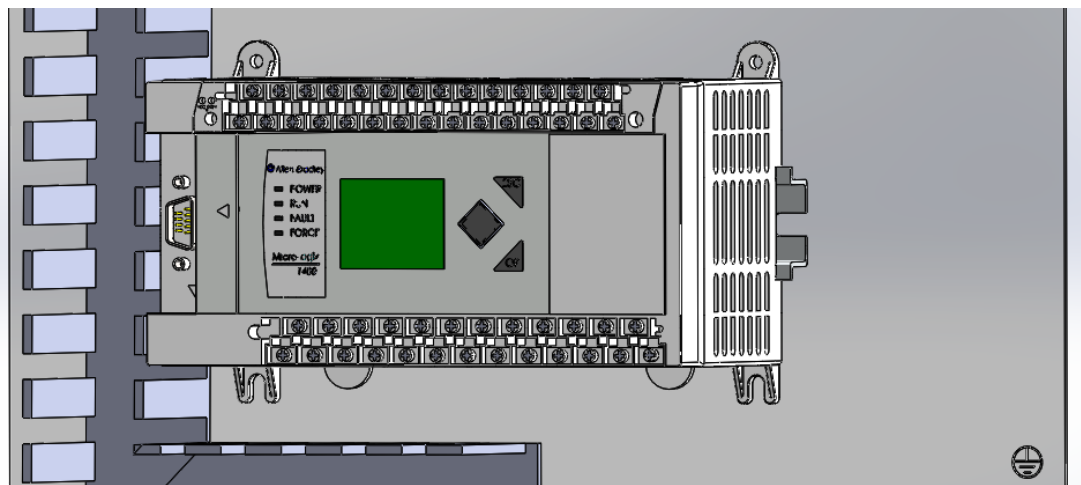


Fig. 34. Tercer nivel del riel DIN donde se encuentra el controlador lógico programable (fuente: elaboración propia).

Entonces, en resumen, de la ubicación de los componentes distribuidos dentro de los tres niveles asignados con el riel DIN y la canaleta perforada, se observa en la figura 35 la distribución completa de los componentes designados a localizarse en la placa de montaje del gabinete eléctrico.

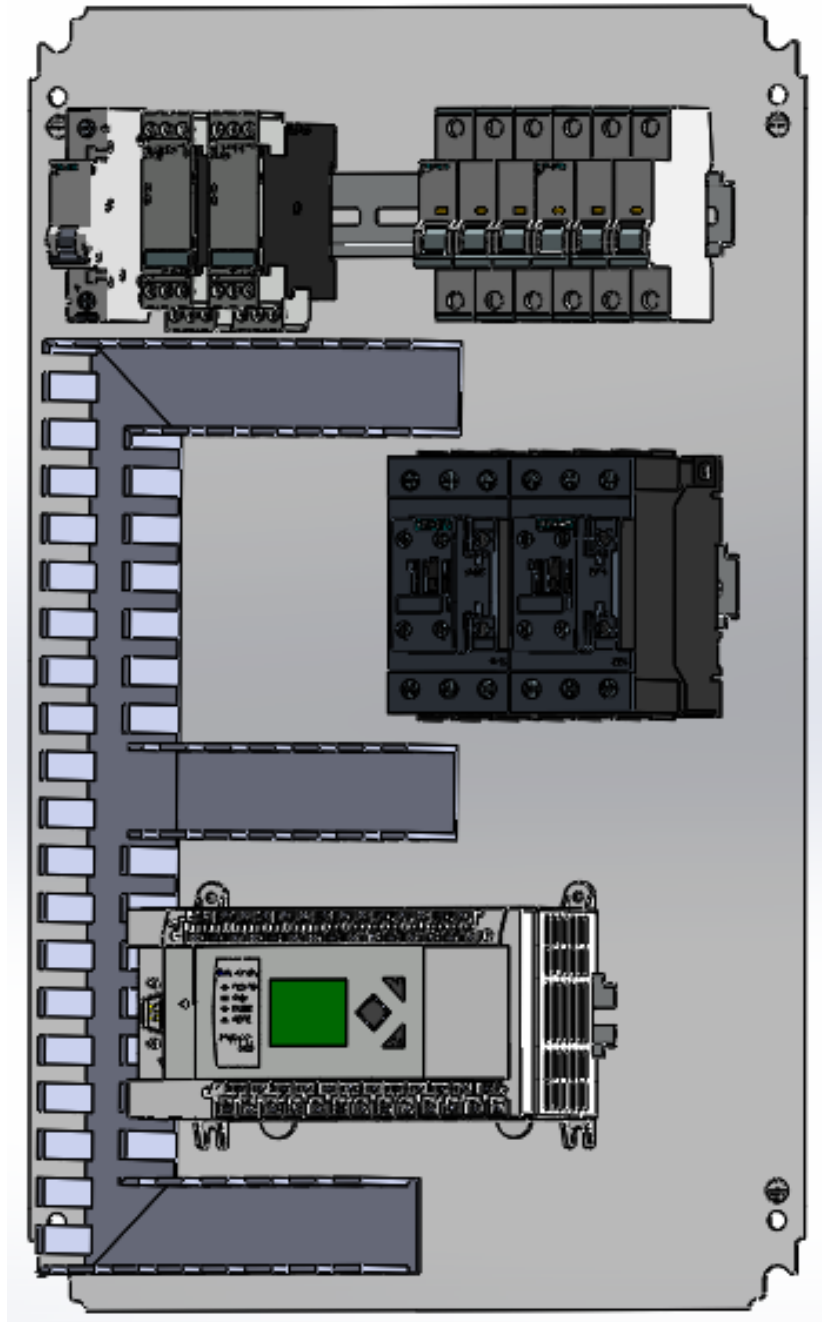


Fig. 35. Distribución de componentes en la placa de montaje del gabinete eléctrico (fuente: elaboración propia).

Hasta esta parte solo se ha asignado ubicación a una parte de los componentes del sistema, haciendo falta la ubicación de algunos más, pero los componentes faltantes se ubican en otra parte del gabinete eléctrico, específicamente en la puerta. Pues ahí se ubican los botones pulsadores, el selector, las lámparas piloto y el paro de emergencia. Pero para ello es

necesario realizar perforaciones de 22mm de diámetro, específicamente son ocho perforaciones. Ver figura 36.

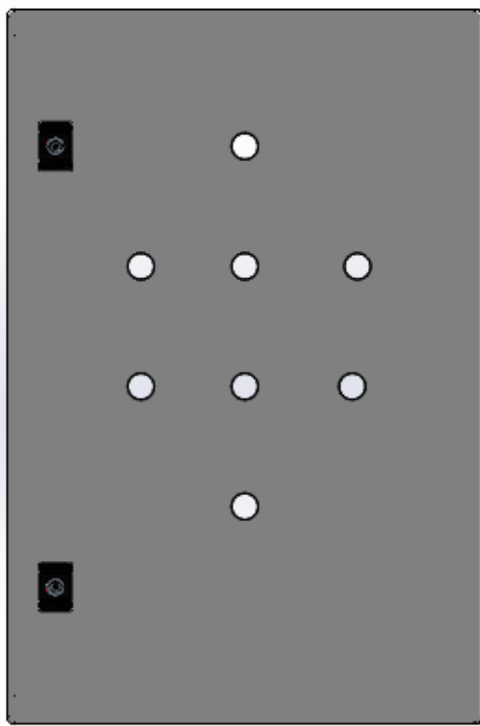


Fig. 36. Perforaciones necesarias para la instalación de los componentes (fuente: elaboración propia).

En la primera perforación se ubica el selector de los modos de funcionamiento del sistema, ya sea para modo automático, neutro y manual, ver figura 37.



Fig. 37. Selector para los modos de funcionamiento (fuente: elaboración propia).

En las siguientes seis perforaciones se encuentra el botón pulsador rojo que indica el desenclave del suministro activo en el modo manual, y también se encuentran los botones pulsadores de color verde que tienen la función de elegir cual suministro enclavar, además de que también se encuentran ahí las lámparas de señalización. Ver figura 38.

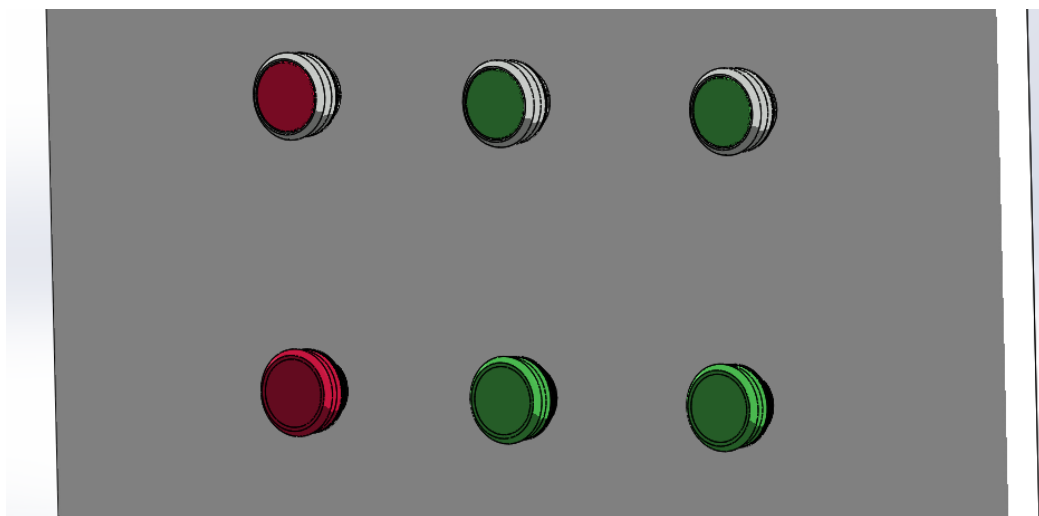


Fig. 38. Botones pulsadores y lámparas de señalización (fuente: elaboración propia).

Finalmente se encuentra el botón de paro de emergencia, el cual se encarga de detener por completo el sistema provocando que no se pueda hacer ninguna operación. Ver figura 39.

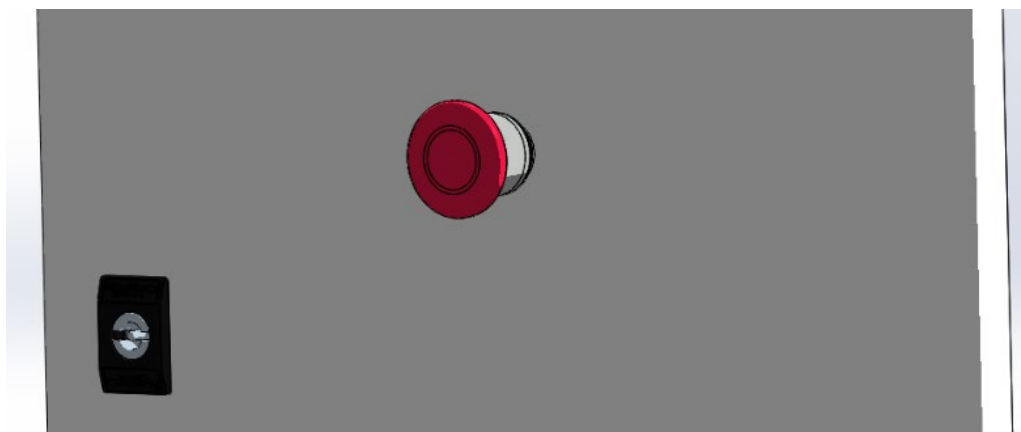
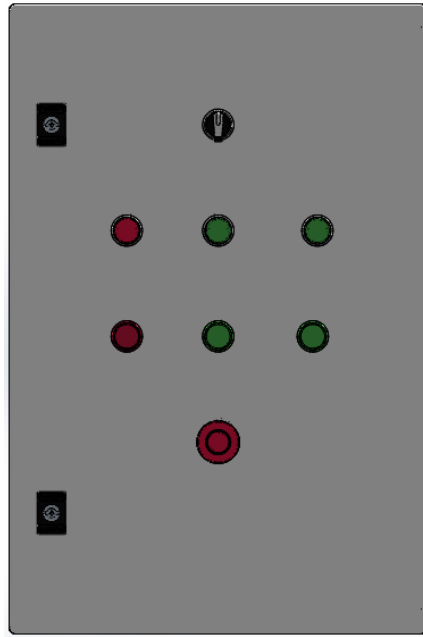


Fig. 39. Paro de emergencia (fuente: elaboración propia).

En la figura 40 se muestra la distribución completa de componentes ubicados en la puerta del gabinete.



*Fig. 40. Ubicación de los componentes destinados a localizarse en la puerta del gabinete
(fuente: elaboración propia).*

En la figura 41 se muestra el Layout del sistema de transferencia, en el que los componentes en conjunto conforman al tablero de transferencia automática.

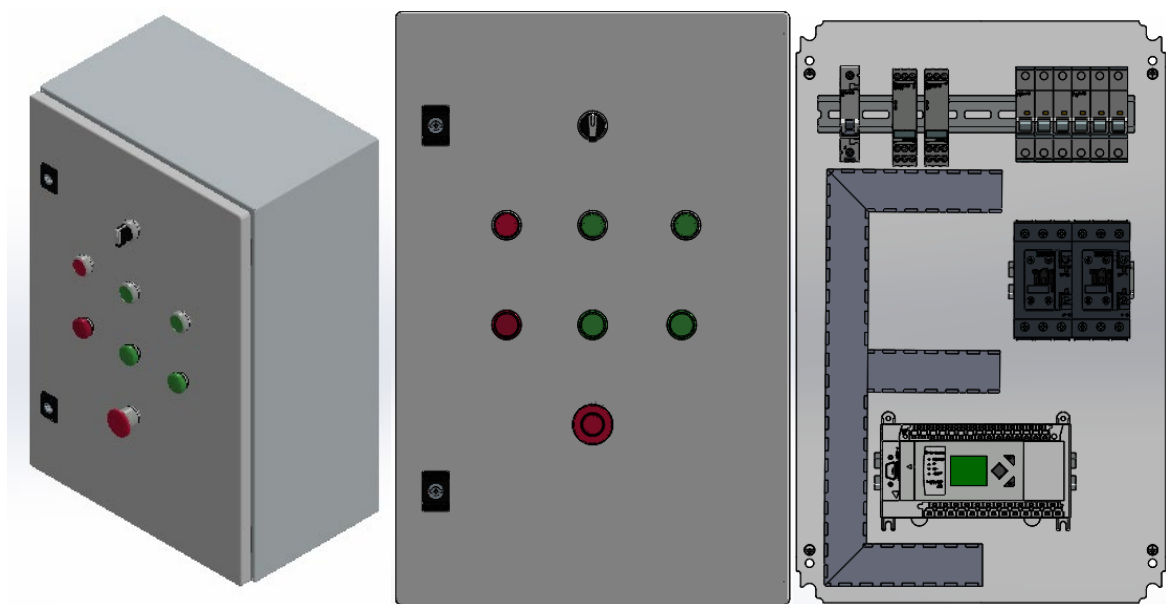


Fig. 41. Layout del tablero de transferencia automática (fuente: elaboración propia).

2.9 Instalación

Los temas tratados anteriormente constan del diseño del sistema, mientras que a continuación se aborda la instalación de este en base a los parámetros de diseño anteriormente establecidos.

2.9.1 Acondicionamiento del sitio

Como se mencionó anteriormente, el lugar donde se instalará el tablero de transferencia es dentro del CCM de la planta. Ver figura 42.



Fig. 42. Área de control de motores dentro del CCM. (fuente: GIA, 2024)

Antes de la instalación se debe tomar en cuenta la ubicación de líneas provenientes de la subestación eléctrica de la planta criogénica y las líneas provenientes del generador eléctrico de respaldo. En el caso de las líneas de alimentación del suministro principal, estas tienen interruptor de seguridad dentro del área de control de motores, ver figura 43.



Fig. 43. Punto de llegada y lugar donde se tomará el suministro principal (fuente: GIA, 2024).

Para el suministro de respaldo, este llega de igual manera al cuarto eléctrico, con la excepción de que este no se encuentra directamente en el CCM, si no que se concentra en un tablero el cual energiza dos equipos, pero eso no impide que se pueda hacer conexiones de este tablero para realizar el envío hacia el tablero de transferencia, ver figura 44.



Fig. 44. Punto de llegada y lugar donde se tomará el suministro de respaldo (fuente: GIA, 2024).

El cuarto eléctrico cuenta con un sótano en el cual se encuentran canalizaciones del tipo charola eléctrica, ver figura 45. Por las cuales se considera realizar el cableado de envío de los suministros eléctricos al tablero de transferencia. Se opta por hacer el envío de este modo debido a que las charolas aún tienen la capacidad necesaria para transportar los conductores sin evadir lo que indica la norma oficial mexicana, entonces, solo el envío será de esta manera, pues para la salida del tablero de transferencia hacia el transformador, se considera una canalización con tubo conduit, el cual se especifica en la tabla número que habla acerca del material necesario para la implementación.

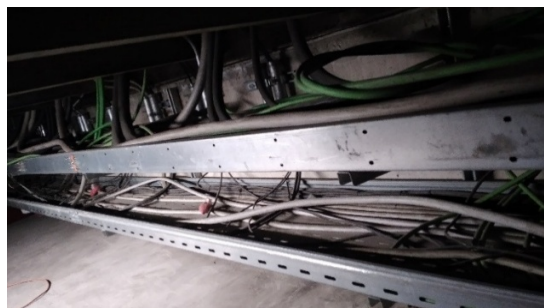


Fig. 45. Charolas eléctricas por las cuales se considera el envío de los suministros eléctricos hacia el tablero de transferencia dentro del sótano del cuarto eléctrico (fuente: GIA, 2024).

Como se mencionó anteriormente, el tablero de transferencia tendrá una salida del suministro hacia el transformador que se encuentra dentro del cuarto eléctrico, ver figura 46.



Fig. 46. Trafo A el cual representa la carga critica a mantener energizado en todo momento. (fuente: GIA, 2024).

2.9.2 Implementación

La implementación del tablero de transferencia automática es uno de los principales objetivos dentro del proyecto. Aunque se hizo todo lo posible para la implementación, en este caso fue imposible que los materiales llegaran a tiempo. Por lo tanto, en esta parte del proyecto se justifica el procedimiento que se siguió para el requerimiento y entrega de los materiales.

En el cronograma de actividades, se plantea los tiempos considerados para el requerimiento y la entrega de los materiales necesarios para el proyecto. Específicamente se considera desde el 19 de agosto hasta el 26 de octubre de 2024. El correo con la solicitud de los materiales se hace llegar al asesor externo el día 21 de agosto, en dicho correo solo se hace llegar una parte

de los materiales necesarios, debido a que otra parte de los materiales ya se tenían en disposición dentro de la planta, ver figura 47.



LISTA DE MATERIALES PARA PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

Desde Ivan Rojas <rojasivan983@gmail.com>

Fecha Mié 8/21/2024 10:13 PM

Para i.delgado@gruposimec.com <i.delgado@gruposimec.com>

Lista de materiales considerados para tablero de transferencia.

No. Ítem	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MARCA	No. DE PARTE
1	Protección termomagnética tripolar, capacidad 60Amp.	2	SIEMENS	5SY4380-7
2	Protección termomagnética bifásico de 10Amp	1	SIEMENS	S 5SL61107CC
3	Contactor de fuerza tripolar	2	SIEMENS	3RT20361AK60
4	Relevador de vigilancia de falla de fase	2	SIEMENS	3UG45121BR20
5	Gabinete metálico (600mm*400mm*250mm)	1	SCHNEIDER	NSYCRN64250P
6	Botón pulsador completo metal brillante con enclave momentáneo y contacto NA (verde)	2	SIEMENS	3SU11500AB401BA0 S
7	Botón pulsador completo de metal brillante con enclave momentáneo y contacto NC (rojo)	1	SIEMENS	3SU11500AB201CA0 S
8	Lámpara de señalización con LED de plástico (verde)	2	SIEMENS	3SU11036AA401AA0 S
9	Lámpara de señalización con LED de plástico (rojo)	1	SIEMENS	3SU11036AA201AA0 S
10	Botón tipo hongo completo metal brillante	1	SIEMENS	3SU11501BA201CA0
11	Selector completo de metal brillante	1	SIEMENS	3SU11502BL601NA0 S

Fig. 47. Correo enviado a asesor externo con la solicitud del material necesario para el proyecto (fuente: elaboración propia).

El asesor externo se encarga de reenviar la información el día 22 de agosto al personal de planeación de la planta, para que este haga la requisición correspondiente para dar seguimiento con el proceso de cotización y compra, ver figura 48.

Martin Lima Rodriguez

De: Israel Delgado Sanchez <i.delgado@gruposimec.com>
Enviado el: jueves, 22 de agosto de 2024 12:15 p. m.
Para: m.limar@gruposimec.com
CC: 'Gilberto Chichil Garcia'
Asunto: RV: LISTA DE MATERIALES PARA PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES

Marca de seguimiento: Seguimiento
Estado de marca: Completado

Buenas tardes Martín, te comparto la lista de materiales que se usaran para el proyecto de transferencia eléctrica de generador de planta dos a planta criogénica, el objetivo es energizar el transformador de luminarias y control para que cuando no tengamos energía eléctrica, podamos contar con energía en luminarias y en control de transferencia de taleros TR1 y TR2.

Nota: la lista se redujo porque contábamos con algunos materiales en sitio es por ello que no es tanto material, cualquier duda o aclaración estamos en contacto.

Saludos y buenas tardes

Lista de materiales considerados para tablero de transferencia.

No. Ítem	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MARCA	No. DE PARTE
1	Protección termomagnetica tripolar, capacidad 60Amp.	2	SIEMENS	5SY4360-7
2	Protección termomagnetica bifasico de 10Amp	1	SIEMENS	S 5SL61107CC
3	Contactor de fuerza tripolar	2	SIEMENS	3RT20361AK60
4	Relevador de vigilancia de falla de fase	2	SIEMENS	3UG45121BR20
5	Gabinete metálico (600mm*400mm*250mm)	1	SCHNEIDER	NSYCRN64250P
6	Botón pulsador completo metal brillante con enclave momentáneo y contacto NA (verde)	2	SIEMENS	3SU11500AB401BA0 S
7	Botón pulsador completo de metal brillante con enclave momentáneo y contacto NC (rojo)	1	SIEMENS	3SU11500AB201CA0 S
8	Lámpara de señalización con LED de plástico (verde)	2	SIEMENS	3SU11036AA401AA0 S

Fig. 48. Correo recibido por personal de planeación de parte del asesor externo para la requisición del material (fuente: GIA, 2024).

La requisición se realiza el día 23 de agosto. Como siguiente paso, personal de compras realiza la cotización con diferentes proveedores, lo que genera un cuadro comparativo para su examinación y aprobación por partes directivas de la planta. Dicho cuadro se realiza el día 30 de octubre, ver figura 49.

		GASES INDUSTRIALES DE AMERICA S.A DE C.V PLANTA CRIOGENICA				30/10/2024		
		PROVEEDOR			ARTECER		MEXITRADE Y SERVICIOS	
		ORIGEN						
NO. ITEM		UN	Cant.	Marca	Costo Unid/Pza M.N.	Costo Unid/Pza M.N.	Costo Unid/Pza M.N.	Costo Total/Pza M.N.
Req. 022000334					Descuento	0%	Descuento	0%
						MN 30,418.98		MN 20,924.65
1	Protección termomagnética tripolar Capacidad: 60Amp. Marca: SIMES Modelo: 5SY4360-7	PZS	2		3,995.01	7,990.02	3,723.50	7,447.00
2	Protección termomagnética bifásico Capacidad: 10Amp Marca: SIEMENS Modelo: 5SL61107CC	PZS	1		129.01	129.01	107.50	107.50
3	Contactador de fuerza tripolar Marca: SIEMENS Modelo: 3RT20361AK60	PZS	2		3,195.52	6,391.04	2,749.70	5,499.40
4	Relevador de vigilancia de falla de fase Marca: SIEMENS Modelo: 3UG45121BR20	PZS	2		2,999.05	5,998.10	2,562.00	5,124.00
5	Gabinete metálico Dimensiones: (600mm*400mm*250mm) Marca: SCHNEIDER Modelo: NSYCRN64250P	PZS	1		5,943.43	5,943.43		0.00
6	Botón pulsador completo metal brillante con enclave momentáneo y contacto NA Color: verde Marca: SIEMENS Modelo: 3SU11500AB401BA0	PZS	2		341.85	683.70		0.00
7	Botón pulsador Completo de metal brillante con enclave momentáneo y contacto NC Color: Rojo Marca: SIEMENS No. Parte: 3SU11500AB201CA0	PZS	1		341.85	341.85	295.05	295.05
8	Lámpara de señalización con LED de plástico Color: verde Marca: SIEMENS No. parte: 3SU11036AA401AA0	PZS	2		531.20	1,062.40	441.00	882.00
9	Lámpara de señalización con LED de plástico Clor: Rojo Marca: SIEMENS No. parte: 3SU11036AA201AA0	PZS	1		531.20	531.20	441.00	441.00
10	Botón tipo hongo completo metal brillante Marca: SIEMENS No. parte: 3SU11501BA201CA0	PZS	1		765.62	765.62	643.20	643.20
11	Selector completo de metal brillante Marca: SIEMENS Modelo: 3SU11502BL601NA0	PZS	1		582.61	582.61	485.50	485.50
TOTALES CON DESCUENTO APLICADO :					MN 30,418.98		MN 20,924.65	
ESPECIFICACIONES :								
OBSERVACIONES :								
TIEMPO DE ENTREGA :					PARTIDA 1: 8 SEMANAS PARTIDA 10: 6 DÍAS LAS PARTIDAS : INMEDIATO		PARTIDA 1: 14-16 SEMANAS TODAS LAS PARTIDAS 6-7 DÍAS	
CONDICIONES DE PAGO :					100% ANTICIPO		CREDITO A 30 DÍAS	
LUGAR DE ENTREGA :					PLANTA		PLANTA	
MONEDA :					Moneda Nacional		Moneda Nacional	
PRECIO TOTAL ORIGINAL :					30,418.98 MN		20,924.65 MN	
PORCENTAJE DE DESCUENTO :					0.00%		0.00%	
IMPORTE DEL DESCUENTO :					0.00 MN		0.00 MN	
PRECIO TOTAL CON DESCUENTO :					30,418.98 MN		20,924.65 MN	
ANOTACIONES :								
VALOR TOTAL ITEMS HOMOLOGADOS :					0.00 MN		6,627.13 MN	
PRECIO FINAL DE LA PROPUESTA :					30,418.98 MN		27,551.78 MN	
PRECIO C/IMPUESTOS USD :					\$1,738.06 USD		\$1,574.23 USD	
GARANTIA :								
TIPO DE CAMBIO (PESO/USD):					17.5017			
COMPANIA					NOMBRE		PUESTO	
ARTECER								
MEXITRADE Y SERVICIOS								

Fig. 49. Cuadro comparativo de cotizaciones (fuente: GIA, 2024).

Mientras que la aprobación y selección del proveedor para realizar la compra se realiza el día 19 de noviembre. El cuadro autorizado se entrega a personal de compras para que se de paso a la compra de los materiales, para esto se colocan dos órdenes de compra debido a que se dividirá la compra de materiales entre dos proveedores. Ver figura 50 y 51.



Planta y Oficinas Generales
Carretera Federal México - Texcoco - Veracruz KM 123 SN.
Interior "Q" Colonia: "NIA", Población: San Cosme Xaloztoc,
Municipio: Xaloztoc, Tlaxcala. C.P. 90460
Tel. 241 413 1600 Fax: 241 413 0676

ORDEN COMPRA
CNA / 220000623
FECHA DE EMISIÓN
28-11-2024 15:57

Proveedor : M00534

MEXITRADE Y SERVICIOS EMPRESAR
5 DE MAYO 106 TOLUCA DE LERDO
TOLUCA MEX
México 50130

Dirección de Entrega

ALMACÉN DE REFACCIONES
GASES INDUSTRIALES DE AMERICA
CARRETERA FEDERAL MEX-TEX-VERKM 123 S/N
San Cosme Xaloztoc
TLAXCALA
México

Por la presente les solicitamos
los siguientes bienes/servicios
según nuestras condiciones.

Comprador : Martin Lima Rodriguez
Referencia : 022000334
REQUISICION: 400000657 23-08-2024

Pos	Artículo	Cantidad Ud.	Precio	Valor	Descuento	Fecha	Sem
1	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Protección termomagnética tripolar Capacidad: 60Amp. Marca: SIMES Modelo: 5SY4360-7	2.00 PZS	3,723.5000	7,447.00	0.0000	MXN 28-11-24 18	
2	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Protección termomagnética bifásico Capacidad: 10Amp Marca: SIEMENS Modelo: 5SL61107CC	1.00 PZS	107.5000	107.50	0.0000	MXN 28-11-24 18	
3	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Contactador de fuerza tripolar Marca: SIEMENS Modelo: 3RT20361AK60	2.00 PZS	2,749.7000	5,499.40	0.0000	MXN 28-11-24 18	
4	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Relevador de vigilancia de falla de fase Marca: SIEMENS Modelo: 3UG45121BR20	2.00 PZS	2,562.0000	5,124.00	0.0000	MXN 28-11-24 18	
5	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Botón pulsador Completo de metal brillante con enclave momentáneo y contacto NC Color: Rojo Marca: SIEMENS No. Parte: 3SU11500AB201CA0	1.00 PZS	295.5000	295.50	0.0000	MXN 28-11-24 18	
6	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Lámpara de señalización con LED de plástico Color: verde Marca: SIEMENS No. parte: 3SU11036AA401AA0	2.00 PZS	441.0000	882.00	0.0000	MXN 28-11-24 18	
7	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Lámpara de señalización con LED de plástico	1.00 PZS	441.0000	441.00	0.0000	MXN 28-11-24 18	

GRUPO SIMEC S.A. B. DE C.V.

1-F005-CM

Fig. 50. Orden de compra de una parte del material para compra con proveedor 1 (fuente: GIA, 2024).



Planta y Oficinas Generales
Carretera Federal México - Texcoco - Veracruz KM 123 SN.
Interior "Q" Colonia: "N/A", Población: San Cosme Xaloztoc,
Municipio: Xaloztoc, Tlaxcala. C.P. 90460
Tel. 241 413 1600 Fax: 241 413 0676

ORDEN COMPRA
CNA / 220000624
FECHA DE EMISIÓN

28-11-2024 16:04

Proveedor : A00522

Dirección de Entrega

ARTECER PROYECTOS Y SOLUCIONES
CALLE ALLENDE 6 CIUDAD DE MEXI
CUAJIMALPA DE MORELOS CIUDAD
México 05600

ALMACÉN DE REFACCIONES
GASES INDUSTRIALES DE AMERICA
CARRETERA FEDERAL MEX-TEX-VERKM 123 S/N
San Cosme Xaloztoc
TLAXCALA
México

Por la presente les solicitamos
los siguientes bienes/servicios
según nuestras condiciones.

Comprador : Martin Lima Rodriguez
Referencia : 022000334

REQUISICION: 400000657 23-08-2024

Pos	Artículo	Cantidad Ud.	Precio	Valor	Descuento	Fecha	Sem
1	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Gabinete metálico Dimensiones: (600mm*400mm*250mm) Marca: SCHNEIDER Modelo: NSYCRN64250P	1.00 PZS	5,943.4300	5,943.43	0.0000	MXN 28-11-24	48
2	931380 MATERIAL ELÉCTRICO Botón pulsador completo metal brillante con enclave momentáneo y contacto NA Color: verde Marca: SIEMENS Modelo: 3SU11500AB401BA0	2.00 PZS	341.8500	683.70	0.0000	MXN 28-11-24	48

Entrega : NOR NORMAL

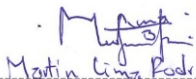
Pago : 30 DIAS FECHA FACTURA

Escriba el número de artículo y de orden en todas las facturas.

Subtotal: 6,627.13

IVA: 1,060.34

Total: 7,687.47 MXN


Martin Lima Rodriguez
NOMBRE Y FIRMA
ELABORO


Embry 28/11/24
NOMBRE Y FIRMA
REVISO


Autorizo
NOMBRE Y FIRMA
AUTORIZO

GRUPO SIMEC S.A.B. DE C.V.

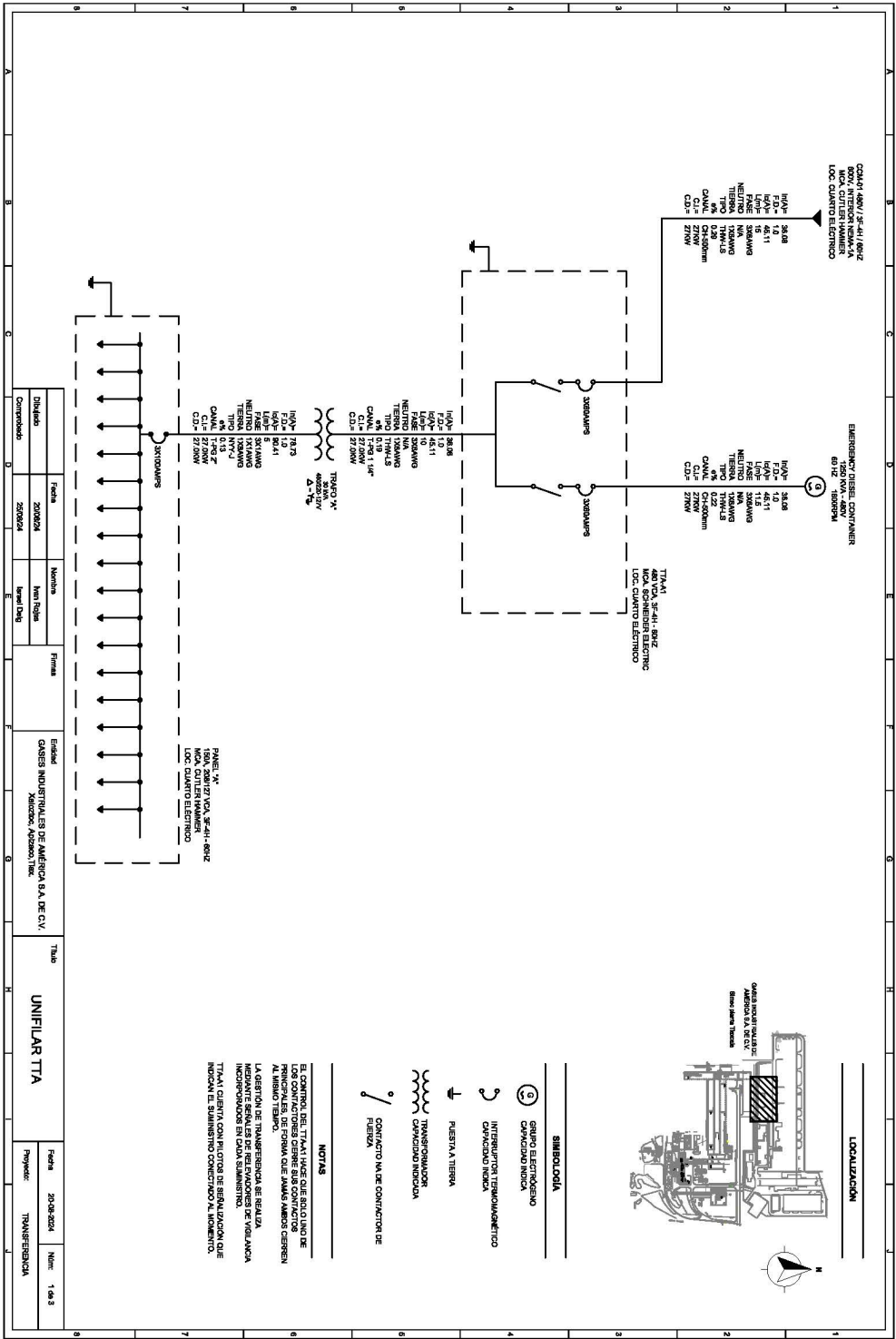
1-F005-CM

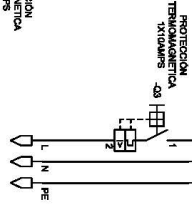
Fig. 51. Orden de compra del resto del material con proveedor 2 (fuente: Gia, 2024).

En base a lo anterior mostrado, con toda la parte del diseño se obtuvieron resultados que expresan y explican la manera en la que debe realizarse la instalación del TTA, por lo que este proyecto se deja como documentación a la empresa con la intención de servir para la implementación e incluso la ampliación del proyecto en un futuro.

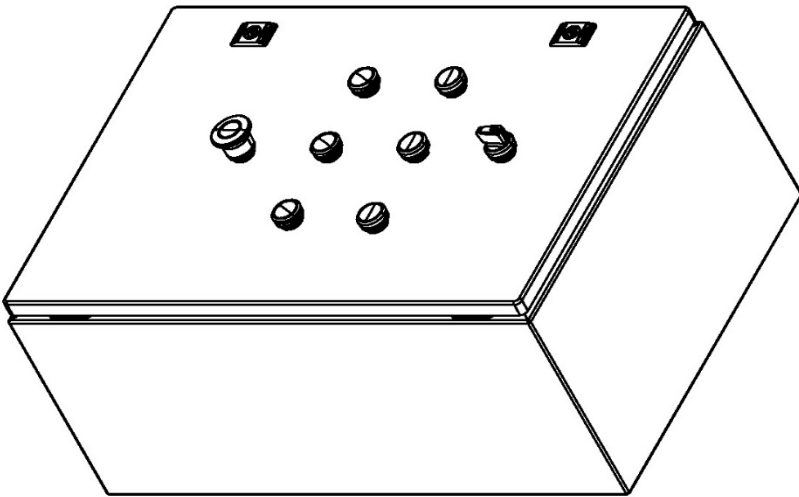
CAPÍTULO III
RESULTADOS

3.1 Planos

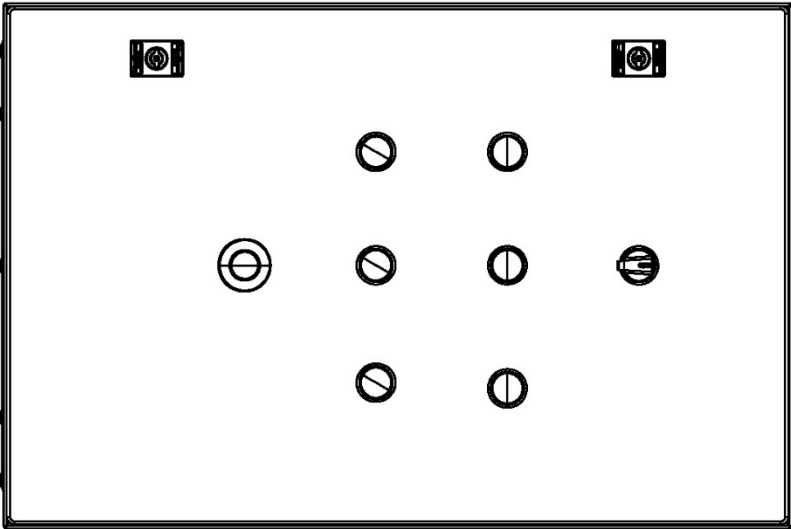


[illegible]

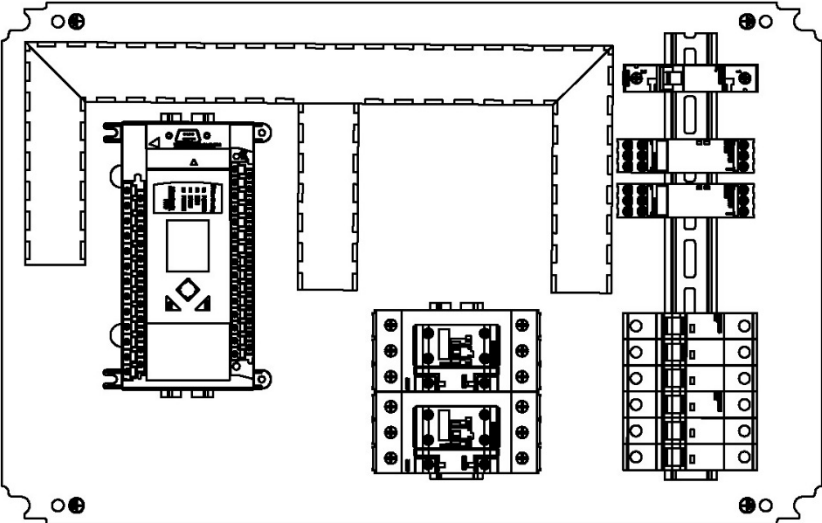
Vista tridimensional del tablero de transferencia automática



Distribución de componentes de mando y señalización ubicados en la puerta del gabinete



Distribución de componentes eléctricos ubicados en placa de montaje dentro del gabinete



Diseno	Fecha	Revisio	Proyecto	Estado	Titulo	Fecha	Nm.
Completado	20/09/24	Item 10/10	Item 10/10	Item 10/10	Item 10/10	20/09/24	3 de 3
Xaloztoc, Apizaco, Tlax.				LAYOUT TTA			
Proyecto:				TRANSFERENCIA			

3.2 Procedimiento de operación

El tablero de transferencia TTA-A1 es un sistema de transferencia que puede ser operado de forma manual o de forma automática.

Para iniciar con la operación del TTA es necesario poner el selector en una posición intermedia a las opciones de los modos de funcionamiento. Después verificar que las conexiones de potencia y de control se encuentran de manera correcta. Además, se debe pasar los interruptores termomagnéticos de los suministros a un modo ON permitiendo el paso de energía hacia la parte de potencia del sistema. Para la parte de control se realiza lo mismo con el interruptor termomagnético monofásico colocándolo en modo ON lo que energizara el circuito de control, en seguida el piloto de señalización rojo se enciende indicando que el sistema se encuentra energizado.

Cuando el sistema se encuentra energizado, es necesario seleccionar alguno de los modos de funcionamiento del sistema.

3.2.1 Operación manual

El funcionamiento manual se caracteriza por necesitar la intervención de un operador en todas las maniobras que ejecute el sistema de transferencia. Inicialmente para trabajar con el modo manual es necesario identificar el selector ubicado en la puerta del gabinete eléctrico, posteriormente este se debe ubicar en posición de entrada del modo manual.

Posteriormente, se debe ubicar el interruptor de paro de emergencia ubicado de la misma manera en la puerta del gabinete eléctrico y comprobar que este no se encuentre presionado. En el caso de estar presionado, este deberá sacarse para poder iniciar con el arranque del tablero.

En seguida, se deberá seleccionar el suministro que se desea conectar a la carga conectada al tablero, esto se realiza presionando el pulsador verde correspondiente al suministro seleccionado, siendo el pulsador de lado izquierdo el suministro principal y el de la derecha el pulsador del suministro de respaldo.

Al momento que se presione el pulsador del suministro seleccionado se escuchara como el contactor interno cierra sus contactos conectando el suministro a la carga, esto se señala mediante la lampara piloto debajo del pulsador seleccionado.

Si por alguna razón se presiona el pulsador del suministro de respaldo mientras se encuentra enclavado el suministro principal o viceversa, el circuito de control está diseñado con medidas de seguridad para que de ninguna manera se enclaven los dos suministros al mismo tiempo. Para poder hacer el cambio de suministro es necesario asistir al TTA y presionar el pulsador rojo, el cual realiza la desconexión del suministro enclavado hasta ese momento abriendo la posibilidad de hacer un cambio, para comprobar que el suministro se encuentra desconectado la lampara de señalización de color rojo se encuentra encendida. Entonces hasta ese momento y de esa manera se puede hacer el cambio de suministro.

Para la detención total del sistema se debe presionar el interruptor de paro de emergencia, el cual bloquea todas las posibles acciones hasta que este se saque.

3.2.2 Operación automática

El funcionamiento automático se caracteriza por su autonomía y poca necesidad de intervención del operador. Para este modo de funcionamiento, primeramente, se debe verificar que el paro de emergencia se encuentre fuera, posteriormente se debe posicionar el selector en la entrada del modo automático.

Cuando el selector se encuentra en la entrada del modo automático, se da una prioridad de conexión al suministro principal, entonces, el sistema de control comienza un conteo de 5 segundos para la conexión del suministro, por lo que al finalizar el conteo se aprecia que enciende la lampara piloto color verde que se ubica debajo del pulsador de entrada del suministro principal del modo manual.

En el modo automático los pulsadores no cumplen ninguna función, por lo que no causa nada que se presionen. Para hacer la transferencia entre un suministro y otro, el sistema debe detectar anomalías en el suministro actual conectado para que se pueda realizar la gestión de transferencia. Esto se logra con la intervención de los relevadores de vigilancia quienes son

los encargados de señalar cuando es necesaria la transferencia, pues en caso de no ocurrir anomalías en el suministro no se realizará la transferencia de ninguna manera.

Cuando el sistema detecta un fallo en el suministro principal, el sistema de control realiza la desconexión del suministro para posteriormente iniciar con un conteo de retardo a la conexión de 5 segundos para hacer la transferencia. Al finalizar el conteo se enciende la lámpara de señalización correspondiente al suministro de respaldo indicando que este se encuentra conectado actualmente.

Cuando el suministro principal es restablecido, el sistema lo detecta devolviendo la prioridad haciendo la desconexión del suministro de respaldo para iniciar nuevamente con el conteo de transferencia hacia el suministro principal.

Para detener TTA en modo automático es necesario presionar el interruptor de paro de emergencia, lo cual de igual manera abre la posibilidad de realizar un cambio del modo de operación.

3.3 Procedimiento de mantenimiento

El mantenimiento al tablero eléctrico se realiza con el objetivo de conservar en un buen estado funcional sus componentes, como lo es los interruptores principales y derivados, contactores, pulsadores, botones y en general todos los elementos que lo integran. En primera instancia, el mantenimiento preventivo consiste en inspecciones visuales, limpieza general, apriete de conexiones, así como la realización de pruebas mecánicas y eléctricas.

Es importante resaltar que para realizar trabajos de mantenimiento, es necesario siempre usar el equipo de seguridad y el equipo de medición adecuado.

El procedimiento de mantenimiento preventivo del tablero eléctrico consta de los siguientes pasos:

- Paso 1. Uso del equipo de seguridad:
Todo personal asignado a realizar labores de mantenimiento deberá portar correctamente su equipo de protección personal, entre estos se encuentra el casco, lentes de seguridad, guantes dieléctricos, botas de seguridad (tipo dieléctrico).

- Paso 2. Corte de energía y candado de seguridad:
Verificar si es viable desenergizar el tablero antes de iniciar con labores de mantenimiento. En caso de serlo, se deberá indicar que se está realizando labores de mantenimiento en el área y se deberá colocar el candado de seguridad con información del técnico.
- Paso 3. Inspección visual:
Observar el tablero e identificar la existencia de daños visibles en el gabinete, piezas flojas o sueltas. En el caso de que este energizado el tablero, se debe comprobar la inexistencia de disipación de calor excesivo en interruptores y conductores.
- Paso 5. Limpieza:
En base a la inspección visual, si se encuentran áreas con polvo es importante realizar limpieza haciendo uso de una brocha o con soplete de aire a baja presión, pues se debe eliminar polvo de entre el tablero, elementos de control, los cables, y los interruptores
- Paso 4. Verificación de elementos de conmutación:
Se recomienda verificar el estado de los platinos de los contactores y realizar limpieza en el núcleo de la bobina de accionamiento, es importante mencionar que nunca deben lijarse los platinos ni el núcleo, es mejor que si estos se encuentran dañados se remplacen o se adquiera un nuevo equipo de conmutación.
- Paso 5. Reajuste de borneras:
En el caso de que existan piezas flojas, estas deberán ajustarse adecuadamente, esto incluye a tornillería, interruptores y demás elementos del circuito de control y de potencia.

- Paso 6. Verificación de cables de tierra:
Se debe verificar que los cables de tierra del tablero estén bien apretados y que además exista continuidad eléctrica con la estructura del tablero.

- Paso 7. Peinar cables:
Si como resultado de la inspección visual se identifica cables del circuito de control o de potencia que se encuentran desordenados o mal ubicados, estos se peinarán siguiendo la trayectoria de las canaletas.

- Paso 8. Renovación de etiquetas:
Verificar que las leyendas del tablero, directorios, señales de peligro y de seguridad se encuentran en un estado legible y entendible, en caso de no estarlo, estas se cambiarán por nuevas etiquetas que contengan la misma información que las etiquetas que se retiran.

- Paso 9. Energizar y liberar el equipo:
Como paso final en labores de mantenimiento, se debe energizar el tablero y verificar que se encuentra funcionando en condiciones normales, de ser así, se da por terminado el mantenimiento y se retira el candado de seguridad.

La periodicidad del mantenimiento al tablero estará indicada por la coordinación de mantenimiento de la planta.

CONCLUSIONES

Conclusiones del proyecto

La iniciativa del proyecto nace de la necesidad de tener un sistema que realizara la transferencia eléctrica ante fallos en el suministro eléctrico, ante la falta de este sistema se tienen consecuencias la pérdida de alimentación eléctrica a sistemas de gran importancia para el control de la planta criogénica provocando un alto riesgo en la conservación de producto terminado y en la seguridad del personal operativo.

En base a esta necesidad se toma la decisión de diseñar una solución para la transferencia eléctrica, donde la principal idea fue la implementación de un tablero de transferencia automática que gestionara la misma entre el suministro principal y el generador eléctrico de respaldo, por lo que se tomó el proyecto.

Inicialmente, el proyecto represento un gran desafío, pues fue un reto significativo la selección de los componentes adecuados para realizar la gestión automática de la transferencia, además de la programación del controlador lógico programable para que se garantizara la precisión y seguridad en la conmutación. No obstante, estos desafíos fueron superados mediante el repaso de lo aprendido durante el tiempo académico en la universidad, un análisis crítico, pruebas exhaustivas y una serie de ajustes, lo que resulto en un sistema funcional diseñado.

El logro más destacado de este proyecto fue la creación de un sistema confiable de rápida respuesta, en el que la seguridad de los equipos y usuarios fue la principal prioridad. Además de que se optimizo el diseño para que el mantenimiento fuese sencillo, reduciendo costos a largo plazo y aumentando la vida útil del tablero. A nivel económico, el proyecto aporta ventajas tangibles tanto a nivel económico como operativo, debido a que minimiza los tiempos de inactividad, los riesgos al personal y al producto terminado relacionados con la interrupción del suministro eléctrico de control.

El proyecto del diseño del tablero de transferencia automática ha demostrado que es una solución eficiente para garantizar el suministro eléctrico ininterrumpido en los sistemas que se consideran como críticos, como lo son válvulas de control, PLC's y tableros de control. Con la implementación del proyecto no solo se permite la optimización del recurso eléctrico,

sino que de igual manera proporciona una herramienta con la cual se reducen los riesgos asociados con fallos en el suministro eléctrico.

Finalmente, el proyecto cumple en su mayoría con los objetivos planteados al principio, aunque la instalación del tablero es un tema que no se pudo concretar por razones de retraso en la entrega de algunos de los componentes, esto abre las puertas a futuras mejoras y expansiones del sistema, con esto existe la posibilidad de la integración de tecnologías de monitoreo remoto y la optimización del diseño para adaptarse a una mayor variedad de aplicaciones. El haber realizado este proyecto no solo aporta valor técnico y práctico, sino que también refleja el resultado del compromiso con la calidad y la innovación en la ingeniería electromecánica, así marcando el punto de partida para el desarrollo profesional futuro.

Recomendaciones y experiencia laboral adquirida

Desde el inicio del periodo de residencias profesionales, siempre existió una convivencia y comunicación sana con el personal, iniciando desde las pláticas de capacitación acerca del proceso de producción y de medidas de seguridad dentro de la planta hasta con la ejecución de labores de mantenimiento y en el apoyo para el desarrollo del proyecto. Por lo que este proyecto siempre fue asesorado por personal con experiencia y conocimientos bastos en el área.

Durante el desarrollo de este proyecto, se integraron conocimientos teóricos y prácticos adquiridos a lo largo de la formación académica, especialmente en el área de electricidad, electrónica, control, automatización y formulación de proyectos. Así como el uso de software especializado para el diseño del sistema y del tablero. Gracias a ello, se logró el diseño de un sistema capaz de detectar de manera automática interrupciones en la fuente de alimentación principal y gestionar la transferencia al sistema de alimentación de respaldo, asegurando la estabilidad operativa.

Por otra parte, durante el periodo de residencias profesionales se adquirieron conocimientos prácticos y habilidades que complementaron de manera significativa la formación académica. En este tiempo se me permitió familiarizarme con procesos industriales

complejos, como la producción, almacenamiento y manejo de líquidos criogénicos a bajas temperaturas, así como con los sistemas de control y monitoreo asociados a estos procesos. Se recomienda a futuros practicantes interesados en entrar en el mundo criogénico, desarrollar una comprensión sólida de las normativas de seguridad aplicables a estas instalaciones, dado que el trabajo con gases criogénicos conlleva riesgos significativos. Además, se sugiere aprovechar las oportunidades para participar activamente en labores de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, ya que esto ofrece entender la manera de operación, funcionamiento y confiabilidad de sistemas como intercambiadores de calor, bombas criogénicas y tanques de almacenamiento.

Así mismo, se fortalecieron competencias, como lo es el trabajo en equipo, la resolución de problemas, gestión del tiempo y la comunicación efectiva. Basado en esta experiencia, se recomienda a futuros estudiantes aprovechar cada etapa de su formación académica para ampliar su conocimiento, involucrarse activamente en la solución de problemas reales y mantener la mente abierta al aprendizaje continuo. Por último, se destaca la importancia de enfrentar los desafíos con perseverancia y actitud positiva, ya que cada obstáculo representa una oportunidad de crecimiento para innovar y fortalecer las habilidades profesionales, dejando una base sólida para el desarrollo de una carrera profesional exitosa.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Durante el tiempo de residencias profesionales y el desarrollo del proyecto, logré desarrollar competencias, las cuales aportan en gran medida a mi desarrollo profesional, pues tuve la oportunidad de ser incluido en diversas tareas del área de mantenimiento. Dentro de las tareas se incluyen tareas mecánicas, eléctricas, automatización, neumáticas, hidráulicas, confiabilidad, diseño CAD, labores administrativas, etc.

En general, con el transcurso del periodo de residencias profesionales obtuve conocimiento y habilidades no solo relacionadas con la naturaleza del proyecto, sino que se añaden conocimientos en base al giro de la planta y el mundo industrial, pues con las actividades realizadas se gana habilidad en el uso de herramientas, conocimiento en equipo de protección personal y en la forma correcta de usarlo, además de que esta etapa funciona como una introducción al mundo laboral y un vistazo a todo el campo de aplicación de los conocimientos adquiridos durante la etapa de preparación universitaria. A continuación, se presentan las competencias desarrolladas en base al proyecto y las competencias desarrolladas como parte del equipo de mantenimiento.

Competencias mecánicas

Conocimientos acerca del funcionamiento de los equipos, principalmente de bombas y compresores, además de técnicas de lubricación y del tipo de lubricantes adecuados de acuerdo con la aplicación, pues por la naturaleza de la empresa, es elemental el conocer el comportamiento de algunos materiales en base a los parámetros de operación. Además de habilidades en intervenciones mecánicas para la reparación o ajuste de estas máquinas. Agregando que se adquirió conocimientos acerca de las fallas comunes y las maneras correctas de solucionarlos y evitarlos.

Competencias eléctricas

Los trabajos eléctricos realizados dejan como resultado conocimientos acerca de trabajos eléctricos de baja, media y alta tensión. Dentro de estas competencias se encuentran los

conocimientos acerca de la correcta interpretación de los diagramas eléctricos, además de la identificación de las diferencias de un circuito de control y un circuito de potencia.

Por otra parte, también se obtuvo conocimiento de la correcta instalación y reparación de instalaciones eléctricas en base a normativa para asegurar la seguridad de las personas, de la instalación y el buen funcionamiento de esta. Además de que se logró desarrollar habilidades acerca de la gestión de proyectos eléctricos.

El control eléctrico es una de las habilidades eléctricas reforzadas, pues se obtuvo ganancia de conocimientos acerca de la manera correcta del diseño de tableros de control, su instalación y mantenimiento.

Automatización

Una más de las competencias desarrolladas durante el periodo de residencias profesionales es la competencia de automatización, pues es necesario contar con la habilidad de interpretación y diseño de sistemas autónomos. Además del uso de equipos de automatización, como lo son los PLC's, los cuales necesitan habilidades lógicas, además de habilidades de programación, de interpretación de parámetros y del manejo de información en parámetros físicos.

Competencias neumáticas

Conocimientos acerca del diseño e interpretación de diagramas neumáticos, así como del funcionamiento y selección de equipos neumáticos, especialmente de compresores, válvulas, actuadores, reguladores de presión y del tipo de fluido neumático. Sumado a esto, conocimientos acerca de la instalación y mantenimiento a instalaciones neumáticas.

Competencias hidráulicas

Las instalaciones hidráulicas necesitan de conocimientos acerca de interpretación y diseño de sistemas hidráulicos, además de la manera correcta en la que se deben realizar estas

instalaciones considerando el tipo de fluido hidráulico correcto y equipos, sumado a las correctas labores de mantenimiento.

Además de la diferenciación de cuando es conveniente utilizar un sistema neumático a cuando utilizar un sistema hidráulico.

Competencias de confiabilidad

Dentro de las instalaciones de planta criogénica existe un área que se denomina confiabilidad, la cual se encarga de todas las labores de mantenimiento predictivo y de tareas complejas del mantenimiento.

De esta área se adquieren habilidades para la interpretación y toma de vibraciones mecánicas, toma de termografía e identificación de ruidos anormales en máquinas rotativas con el uso de equipos especializados. Además de conocimientos en técnicas de balanceo.

Competencias en diseño CAD

Durante el desarrollo del proyecto se adquirieron habilidades acerca del dibujo mecánico, especialmente en la interpretación de planos identificando los ajustes y tolerancias, además de las normativas para el diseño de piezas mecánicas, así como la representación de datos de diseño como lo es el material, el acabado y los tipos de ensambles con el uso de SolidWorks.

Por otra parte, conocimientos en el diseño eléctrico, haciendo uso de AutoCAD y SolidWorks. Para el diseño de instalaciones eléctricas, los conocimientos del uso del software son de gran ayuda para la creación de la simbología de la instalación, así como de los diagramas unifilares y vistas de planta del lugar de instalación.

Para el caso del tablero de transferencia, se obtuvieron conocimientos de ensamble de los diferentes componentes del tablero en SolidWorks, especificando las diferentes vistas que se representan en los planos y las consideraciones necesarias para el diseño.

Competencias de instrumentación

El conocimiento de seleccionar, calibrar y operar instrumentos de medición y control para el correcto funcionamiento autónomo del proceso, los cuales involucran variables físicas como temperatura, flujo y presión.

Competencias en labores administrativas

Dentro de las labores realizadas durante el periodo de residencias, obtuve habilidades acerca de la creación y gestión de planes de mantenimiento, además de la planificación de actividades según su periodicidad y criticidad. Además de conocimientos de aplicación de metodologías de mantenimiento para la conservación de máquinas industriales con el fin reducir fallas inesperadas y aumentar la eficiencia.

Competencias en planeación de producción

Habilidades para la creación de planes de producción según la demanda de los clientes para asegurar un cumplimiento de pedidos de producto terminado. Además de la gestión de compra de producto para cumplimiento de producción. Sumado de conocimientos en coordinación de embarque y control de almacén de producto terminado.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Chapman, S. (2012). Máquinas eléctricas (5th ed.). Mc Graw Hill.

Irwin, D. (1997). Análisis básico de circuitos en ingeniería (5th ed.). Prentice Hall.

Mandado, E. (2009). Autómatas programables y sistemas de automatización (2nd ed.). Marcombo.

Boylestad, R. & Navarro, R. (2011). Introducción al análisis de circuitos (12th ed.). Prentice Hall.

Isaza, A. (2014). Control Interno y Sistema de Gestión de Calidad (2nd ed.). Ediciones de la U.

Dorf, R. & James, S. (2011). Circuitos eléctricos (8th ed.). Alfaomega.

Floyd, T. L. (2007). Principios de circuitos eléctricos (8th ed.). Prentice Hall.

Harper, G. (n.d.). Guía para el diseño de instalaciones eléctricas residenciales, industriales y comerciales (2nd ed.). Limusa

Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna (5th ed.). Prentice Hall.

Campero, E. (1995). Instalaciones eléctricas conceptos básicos y diseño (2nd ed.). Alfaomega.

Becerril, D. (2005). Instalaciones eléctricas prácticas (12th ed.).

Gaviño, R. (2010). Introducción a los sistemas de control: conceptos, aplicaciones y simulaciones con Matlab (1st ed.). Pearson Educación.

Wildi Theodore. (2007). Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia (6th ed.). Pearson Educación.

Sampieri, R. (2014). Metodología de la investigación (6th ed.). Mc Graw Hill.

Norma Oficial Mexicana 001 SEDE 2012

International Organization for Standardization 9001. (2015). Guía de implementación de sistemas de gestión de la calidad. NQA.

Pérez, R. (2014). Criogenia cálculo de recipientes a presión (1st ed.). Editorial Diaz de santos.

Harper, G. (2004). El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos (1st ed.) Limusa.

Palencia, O. (2012). Gestión moderna del mantenimiento industrial, principios fundamentales (1st ed.). Ediciones de la U.

Harper, G. (2007). Control de motores eléctricos (1st ed.). Limusa.

Cruz, P. (2017). Maquinas eléctricas, técnicas modernas de control (2nd ed.). Alfaomega.

Harper, G. (2018). El ABC de las instalaciones eléctricas industriales (2nd ed.). Limusa.

Kamel, K. & Kamel, E. (n.d.). Controladores lógicos programables, control industrial (1st ed.). McGrawHill Education.

Robbins, A, & Miller, W. (2008). Análisis de circuitos - Teoría y práctica (4th ed.). Cengage Learning.

Sadiku, K. & Matthew N. (2013). Fundamentos de circuitos eléctricos (5th ed.). Mc Graw Hill.

Tran, P., CSWE, & CSWI. (2016). SOLIDWORKS Advanced Techniques (1st ed.).SCD Publications.

Hayt, W. Kemmerly, J. & Durbin, S. (2012). Análisis de circuitos en ingeniería (8th ed.). Mc Graw Hill.

ANEXOS

Anexo a). Carta de autorización por parte de la empresa para la titulación.

Carretera Federal México-Texcoco-Veracruz
Km. 123 SN Interior D
San Cosme Xaloztoc, Tlaxcala
C.P. 90460.
Tel.: 241 413 1692



CARTA DE NO INCONVENIENCIA

SAN COSME XALOZTOC, TLAXCALA; A 28 DE DICIEMBRE DE 2024
DRA. YESICA IMELDA SAAVEDRA BENÍTEZ
DIRECTORA DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
PRESENTE

Por medio de la presente me dirijo a usted para manifestar el **NO TENER INCOVENIENTE** para que la información generada durante el desarrollo de actividades de investigación en **GASES INDUSTRIALES DE AMÉRICA S.A. DE C.V.**, por el (la) estudiante **ROJAS MARTINEZ IVAN**, con No. de control **20370458**, de la carrera **INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**, mediante su **PROYECTO DE RESIDENCIAS PROFESIONALES** se utilice para obtener su título profesional en el **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO** con el proyecto denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DEL GENERADOR ELÉCTRICO DE RESPALDO A LA PLANTA CRIOGÉNICA GASES INDUSTRIALES DE AMÉRICA S.A. DE C.V.”** durante el periodo del **01 DE AGOSTO AL 28 DE DICIEMBRE DE 2024** asesorado por el **ING. ISRAEL DELGADO SÁNCHEZ**, con el fin de titularse por la opción **“TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL”**.

Así mismo **SIMEC INTERNATIONAL S.A. DE C.V.**, no tiene ningún inconveniente en extender la presente constancia para que dicho proyecto se utilice únicamente para los fines antes mencionados y concede las facilidades para el uso de este ante el **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO**, con el fin de que el estudiante alcance su objetivo.

ATENTAMENTE


LIC. BLANCA ESTELA PÉREZ AGUILAR
Gerente de Recursos Humanos
Tel. directo: 241 413 1690
Correo: reclutamiento@gruposimec.com
c.c.p. Archivo

