



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Acapulco



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ACAPULCO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ENFRIAMIENTO PARA LOS TABLEROS ELÉCTRICOS DE LAS
LÍNEAS DE INMERSIÓN DE LA FÁBRICA RRT MEDICAL**

TITULACIÓN INTEGRAL

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

PRESENTAN:
**MARÍA ESTELA ROMERO CAMPOS
BRANDON EDUARDO SANTOS VÁZQUEZ**

ASESOR INTERNO:
ING. JOSÉ MANUEL ROMERO ROJAS

ACAPULCO, GRO., MARZO 2024

AGRADECIMIENTOS

Queremos comenzar dando nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que estuvieron ahí durante el transcurso de este proyecto que significa más que la culminación de una etapa de nuestras vidas que nos sirve de preparación para aprovechar las oportunidades que vienen en el futuro.

Para empezar, quiero expresar mi más profunda gratitud, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi guía constante durante este camino hacia la obtención del título. Su paz y bendiciones han sido fundamentales para adquirir conocimiento y perseverar en este proceso.

Agradezco también a toda mi familia por haberme dado la oportunidad de culminar con mis estudios y de poder demostrar que con esfuerzo y dedicación todo es posible. Por todo el apoyo y su amor incondicional, por siempre tener las palabras precisas para animarme y motivarme a seguir adelante.

Agradezco a mis docentes por su paciencia y claridad al resolver mis dudas, así como por su entrega y precisión al impartir cada clase. A mi amigo y compañero Brandon, quien ha sido un apoyo durante estos años de carrera, compartiendo clases y formando un equipo excepcional.

Finalmente, dedico la culminación de esta tesis a mi Madre, cuyo apoyo inquebrantable, confianza y esfuerzo me han enseñado que ningún obstáculo es insuperable y que una actitud positiva puede vencer cualquier dificultad.

María Estela Romero Campos

Este agradecimiento va dirigido, principalmente, a mi familia, que cada uno de ellos y ellas ha sido un ejemplo a seguir para mí en alguno u otro aspecto, que siempre estuvieron ahí alentándome a conseguir mis objetivos y que me ayudaban a nunca dudar de mis propios conocimientos y capacidades, siempre teniendo una increíble confianza en mí.

A mis mejores amigos ingenieros, esas contadas personas de las cuales algunos ya no están tan cerca pero aún siguen presentes, con las que no pude pasar más que momentos inolvidables y los que nunca me dejaron solo a lo largo de la carrera, con los que compartí varias anécdotas, risas y frustraciones, aquellos que me subían el ánimo cuando dejaba de creer en mí, agradezco mucho el que me hayan dado la oportunidad de considerarme su amigo y una persona en la que podían confiar, siempre dispuestos a estar al pie del cañón con tal de apoyar en cualquier situación y no dejar a ninguno del grupo atrás; gracias a ellos, mi paso por la carrera de ingeniería fue muchísimo más agradable y son ellos los que le dieron forma al sendero que hoy estamos a punto de terminar.

Pero por sobre todas las cosas, quiero agradecer y expresar mi admiración a mi amiga, compañera de tesis y futura Ingeniera: María Estela, una mujer con amplias cualidades destacables a la cual admiro y aprecio mucho por todo lo que ha conseguido y todo el apoyo que me brindó y me ha brindado desde el inicio de la carrera; fueron incontables las ocasiones en las que me tendió la mano para sobrellevar los obstáculos de las materias, como amiga y compañera de clase, un equipo entre nosotros siempre daba como resultado un excelente trabajo. Estoy muy agradecido y orgulloso de haber sido ella mi compañera de titulación ya que tengo la

seguridad de que no pude haber trabajado con una persona más preparada que ella. La dinámica, el sentido de compromiso entre los dos, el apoyo mutuo y el excelente entendimiento que tuvimos como equipo fue una parte fundamental para poder haber concluido este proyecto.

Solo espero que Dios y la vida le permita seguir desarrollándose profesionalmente para que siga demostrando que está destinada a lograr grandes cosas y me permita a mí estar presente cuando logre alcanzar sus objetivos.

Brandon Eduardo Santos Vázquez

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es diseñar e implementar un sistema de enfriamiento para los tableros eléctricos que controlan las líneas de inmersión de la fábrica RRT Medical, encargada de la fabricación de preservativos. El propósito principal es reducir de manera significativa las altas temperaturas que generan estos tableros, las cuales han ocasionado la necesidad constante de reemplazar piezas y componentes eléctricos internos.

El proyecto consiste en recopilar datos sobre los tableros eléctricos y las condiciones de temperatura tanto dentro como fuera de los mismos. Una vez recopilada la información necesaria, se realizan los cálculos adecuados para determinar las condiciones de climatización requeridas en los gabinetes.

A partir de estas condiciones obtenidas previamente, se procede a buscar diferentes proveedores de sistemas de enfriamiento especializados para gabinetes eléctricos que cumplan con nuestros requisitos. El objetivo final es seleccionar un modelo que se ajuste adecuadamente a nuestras necesidades, complementando con ello el diseño de los equipos a través modelos creados en un programa de diseño asistido por computadora (CAD).

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	iv
INTRODUCCIÓN	1
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
OBJETIVOS.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	6
HIPÓTESIS.....	7
CAPÍTULO I.....	8
I. Líneas de inmersión	8
Proceso de fabricación de preservativos	9
1. Mezcla de látex.....	9
2. Tanques de maduración	9
3. Primera inmersión.....	9
4. Secado y segunda inmersión	9
5. Vulcanización y lixiviación	10
6. Desmoldado y limpieza de los formadores	10
Componentes de la línea de inmersión: Motores.....	11
1. Cadena	11

2.	Bomba de desmolde (Water jet)	11
3.	Estaciones de lavado.....	12
4.	Estaciones de secado.....	12
5.	Estación de secado en punta	13
6.	Agitadores de látex.....	13
7.	Formadores de anillo	14
CAPÍTULO II.....		15
	Tableros eléctricos	15
	Partes de un tablero	15
	Instrumentos de medición en tableros	16
	Tipo de tableros	17
CAPÍTULO III.....		18
	Centro de control de motores (CCM)	18
	Tipos de centros de control de motores.....	19
	Características de un centro de control de motores	19
	Aplicaciones de un Centro de Control de Motores.....	20
	Elementos de un centro de control de motores	20
	Contactor	20
	Partes de un contactor	21
	Funcionamiento.....	23

Relevadores.....	24
Tipos de relevadores	24
Interruptores termomagnéticos	26
Funcionamiento.....	26
Tipos de interruptores termomagnéticos	27
Estándares de diseño para los centros de control de motores	27
<i>UL UNDERWRITERS LABORATORIES (UL)</i>	27
<i>NEMA ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES ELÉCTRICOS</i>	28
<i>NFPA LA ANTIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION</i>	28
<i>IEC LA COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL (IEC)</i>	28
CAPÍTULO IV.....	29
Sistemas de enfriamiento para tableros eléctricos.....	29
Objetivos de los sistemas de gestión térmica	29
Tecnologías de enfriamiento.....	30
• Abanicos.....	31
• Disipadores de calor	31
• Enfriamiento de gabinetes eléctricos por heat pipes (caloductos) .	31
• Enfriador de estado sólido	32
CAPÍTULO V.....	33
Descripción de las actividades realizadas.....	33

5.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	33
Datos físicos: dimensiones, materiales y colores de los gabinetes	36
Estándares de protección "IP" y "NEMA"	36
Temperaturas	39
Datos eléctricos: voltaje, amperaje, potencia consumida y pérdidas de potencia	40
1.2. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA.....	41
Paso 1. Identificación de los elementos internos	41
Paso 2. Investigación de la ficha técnica	42
Paso 3. Suma de todas las potencias.....	42
1.2.1. Rittal	52
1.2.2. RittalTherm.....	52
Therm 6.6 Resumen. Tablero DL01	53
Therm 6.6 Resumen. Tablero DL02/DL03 y DL04	54
REFRIGERADOR MURAL RITTAL TOPTHERM BLUE E SK 3303.500 ..	56
REFRIGERADOR MURAL RITTAL TOPTHERM BLUE E SK 3304.500 ..	57
CAPÍTULO VI.....	59
RESULTADOS OBTENIDOS.....	59
6.1. COTIZACIONES	59
6.1.1 RITTAL S.A. DE C.V.	59

6.1.2 HOFFMAN NVENT	61
6.1.3 MEXITRADE & SERVICIOS EMPRESARIALES S.A. DE C.V.....	63
6.2. DISEÑOS	65
6.3. FORMATO DE REVISIÓN MENSUAL	67
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	70
EXPERIENCIA PERSONAL ADQUIRIDA Y COMPETENCIAS DESARROLLADAS	71
María Estela Romero Campos.....	71
Brandon Eduardo Santos Vázquez.....	73
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	76

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1.1. Motorreductor de la cadena de la línea de inmersión doble.....	11
Imagen 1.2.1. Bomba y tanque de desmolde.....	11
Imagen 1.3.1. Estaciones de lavado.....	12
Imagen 1.4.1. Últimas dos estaciones de secado de la línea de inmersión 2.....	13
Imagen 1.5.1. Cepillo de la estación de secado en punta.....	13
Imagen 1.6.1. Agitador con el tanque de látex vacío.....	14
Imagen 1.7.1. Cepillo formador de anillo.....	14
Imagen 2.1. Tipos de instrumentos indicadores de medición.....	17

Imagen 3.1. Centro de Control de Motores.....	18
Imagen 3.2. Partes de un contactor.....	22
Imagen 5.1.1. Ubicación de los tableros DL01, DL02/03 y DL04 con respecto a las líneas de inmersión.....	34
Imagen 5.1.2. Imágenes de los tableros eléctricos de las líneas de inmersión.....	36
Imagen 5.1.3. Termohigrómetro 4040MX Control Company.....	40
Imagen 5.1.4. Aparatos de medición de los tableros.....	41
Imagen 5.2.1. Identificación de los elementos eléctricos.....	41
Imagen 5.2.2. Contactor Fuji Electric SC-N4 [80].....	42
Imagen 5.2.3. Información Técnica. Contactores Magnéticos y Arrancadores de Motores FUJI.....	43
Imagen 5.2.4. Elementos interiores del tablero DL01 y enumeración de componentes.....	48
Imagen 5.2.5. Elementos interiores del tablero DL02/03 y enumeración de componentes.....	49
Imagen 5.2.6. Elementos interiores del tablero DL04 y enumeración de componentes.....	50
Imagen 5.2.1.1. Logotipo de Rittal.....	52
Imagen 5.2.2.1. Rittal Therm 6.7.....	52
Imagen 5.2.2.2. Modelos de Rittal seleccionados por el programa RittalTherm.....	58
Imagen 6.1.2.1. Spectracool Narrow Indoor/Outdoor Series.....	61
Imagen 6.1.2.2. Spectracool Narrow Compact Indoor Series.....	61
Imagen 6.3.1. Formato de mantenimiento preventivo mensual.....	67

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 3.1. Aplicaciones de un Centro de Control de Motores.....	20
Diagrama 6.2.1. Rittal modelo 3304.500 instalado en el tablero DL2/3 – DL4, vista isométrica.....	65
Diagrama 6.2.2. Rittal modelo 3303.500 instalado en el tablero DL1, vista isométrica.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5.1.1. Relación de tableros eléctricos en la fábrica RRT Medical.....	33
Tabla 5.1.2. Características de la máquina de producción de preservativos.....	35
Tabla 5.1.3. Certificación IP.....	37
Tabla 5.1.4 Certificación NEMA.....	38
Tabla 5.1.5. Temperaturas en los gabinetes eléctricos de las líneas de inmersión.....	40
Tabla 5.2.1. Pérdida de potencias contactores SC-N1 – SC-N4.....	43
Tabla 5.2.3. Pérdidas de potencia tablero DL01.....	45
Tabla 5.2.4. Pérdidas de potencia tablero DL02/DL03.....	46
Tabla 5.2.5. Pérdidas de potencia tablero DL04.....	47
Tabla 5.2.6. Características de los tableros eléctricos de las líneas de inmersión.....	51
Tabla 5.2.2.1. Temperatura ambiente para el tablero DL01.....	53
Tabla 5.2.2.2. Cálculo de climatización para el tablero DL01.....	53
Tabla 5.2.2.3. Medidas para el mantenimiento de la temperatura del tablero DL1.....	54
Tabla 5.2.2.4. Accesorios para el tablero DL01	54

Tabla 5.2.2.5. Temperatura ambiente para los tableros DL02, 03 y 04.....	54
Tabla 5.2.2.6. Cálculo de climatización para los tableros DL02, 03 y 04.....	55
Tabla 5.2.2.7. Medidas para el mantenimiento de la temperatura de los tableros DL02, 03 y 04.....	55
Tabla 5.2.2.8. Accesorios para el tablero DL01.....	55
Tabla 5.2.2.9. Características Rittal SK 3303.500.....	56
Tabla 5.2.2.10. Características Rittal SK 3304.500.....	57
Tabla 6.1.1.1. Cotización de Rittal para el tablero DL01.....	60
Tabla 6.1.1.2. Cotización de Rittal para el tablero DL02, DL03 y DL04.....	60
Tabla 6.1.2.1. Cotización de Hoffman nVent para los tres tableros; precio en dólares USD.....	62
Tabla 6.1.2.2. Características técnicas Hoffman nVent Spectracool Narrow Series.....	62
Tabla 6.1.3.1. Primera cotización de Mexitrade.....	64
Tabla 6.1.3.2. Segunda cotización de Mexitrade.....	64

INTRODUCCIÓN

El propósito de este proyecto es la selección e implementación de un dispositivo de enfriamiento para los tableros eléctricos de las líneas de inmersión en la fábrica RRT MEDICAL, así como la provisión del mantenimiento necesario para estas líneas. Esta iniciativa surge para abordar de manera efectiva la problemática que está impactando la producción debido al estrés térmico ocasionado por la alta demanda en la fábrica. Se aborda con mayor profundidad en la sección de análisis del problema, con el objetivo de resolver y optimizar el proceso de fabricación.

El proyecto se divide en capítulos por lo que lo podemos clasificar en dos partes. En primer lugar, se presenta el marco teórico, donde se recopilan y describen los temas relacionados con nuestro proyecto, tales como las líneas de inmersión, explicando el proceso utilizado en la fabricación de los preservativos; luego, se aborda el tema de los tableros eléctricos, centrándose en los centros de control de motores; por último, se explora el funcionamiento de los sistemas de enfriamiento, con un enfoque en los tableros eléctricos.

Después se detallan las actividades realizadas durante la elaboración del proyecto. Esto incluye el levantamiento de datos, los cálculos realizados, cotizaciones de diferentes equipos a través diferentes proveedores, la selección del sistema de enfriamiento y finaliza con el diseño de la instalación de dicho sistema.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

RRT Medical es una empresa pionera en su rama y un símbolo internacional de excelencia en preservativos y maquinaria para fabricar preservativos, de acuerdo a las necesidades de dichos conceptos vanguardistas y para nichos especiales de mercado. En el 2011, se convirtió en la empresa más grande de preservativos en México, al unirse con RRT Malasia, siendo la única que produce preservativos femeninos en América. Cuenta con un excelente equipo de mujeres y hombres expertos en su área.

Las instalaciones de la fábrica de Acapulco se ubican en la colonia Farallón, un amplio espacio que cuenta con todas las áreas necesarias para la elaboración, distribución y comprobación de los preservativos.

El departamento de mantenimiento de la fábrica RRT Medical, entre una variedad de funciones, es el encargado de corroborar y dar seguimiento al estado actual de la variedad de máquinas y equipos con las que cuentan sus instalaciones, de las cuales destacan máquinas selladoras de empaque, máquinas probadoras electrónicas, hornos industriales, lavadoras, motores, tableros y sistemas eléctricos, entre muchas otras, así como la calibración y ajuste correspondiente de cada una de ellas con el fin de cumplir con los estándares de calidad requeridos.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La problemática que se plantea en este proyecto se enfoca en la **alta temperatura que existe en el área de las líneas de inmersión, debido a su alta producción**, lo que desemboca en el sobrecalentamiento de los elementos que se encuentran dentro de los tableros eléctricos que controlan dichas líneas. Esto provoca que constantemente se tengan que reemplazar las piezas o se tenga que dar mantenimiento correctivo a dichos tableros.

Debido a esto, existen diversas consecuencias, tales como:

- Disminución del ritmo de la producción y paros constantes de las líneas.
- Sofocamiento de los trabajadores al momento de darles mantenimiento a las líneas.
- Desgaste prematuro de los elementos sometidos a movimientos, como podrían ser los contactos móviles de los contactores y relevadores.
- Riesgo de cortocircuito.
- Sobrecalentamiento de los conductores eléctricos y pérdida de la resistividad de sus aislantes.

El conseguir reducir las elevadas temperaturas a las que se someten los tableros eléctricos durante su funcionamiento, disminuiría de manera significativa tanto el consumo de energía como la temperatura dentro de las líneas de inmersión. Como resultado, los componentes internos trabajarían de manera más eficiente desde el punto de vista energético.

OBJETIVOS

Objetivo General

Implementar un sistema de refrigeración que aligere la carga térmica que producen los tableros eléctricos de las líneas inmersión y el mantenimiento preventivo y/o correctivo de dichos tableros eléctricos.

Objetivos específicos

- Definir un plan de trabajo para desarrollar el proyecto.
- Investigar los tipos de enfriamiento para tableros eléctricos.
- Realizar el levantamiento de datos del área de producción de la fábrica.
- Definir las características físicas de los tableros eléctricos de las líneas de inmersión.
- Calcular la pérdida de calor que generan los tableros eléctricos de las líneas de inmersión con respecto a las especificaciones de sus componentes.
- Consultar las normas de calidad y exigencia pertinentes de acuerdo a los tableros eléctricos.
- Definir el tipo de enfriamiento que va a utilizar el sistema.
- Comparar los equipos mejor calificados para el sistema.
- Seleccionar el equipo de enfriamiento más apto para el sistema.
- Presupuestar el material a utilizar.
- Diseñar digitalmente la instalación del equipo de enfriamiento.
- Implementar el diseño a las estructuras de los tableros.

- Crear un plan de mantenimiento destinados a los tableros eléctricos de las líneas de inmersión.

JUSTIFICACIÓN

RRT Medical es una empresa dedicada a la fabricación y distribución de productos de látex, enfocada a la elaboración de preservativos. Esta fábrica se encarga de distribuir dicho producto a diferentes proveedores. Dadas todas estas demandas que debe de cubrir, la fábrica se ve en la exigencia de alcanzar las metas y cumplir con los estándares de calidad que se establecen día con día.

Estos motivos dan como resultado que sus máquinas y líneas de producción trabajen a su máxima exigencia, provocando que las fallas ocurran con más periodicidad, haciendo que el mantenimiento correctivo sea indispensable para reducir y/o evitar dichas fallas.

La necesidad de llevar a cabo este proyecto surge de una principal cuestión, que es reducir la temperatura de los tableros eléctricos de las líneas de producción para que cumplan con su rendimiento óptimo.

Teniendo este punto claro, lo que queremos conseguir con este proyecto es **optimizar las condiciones laborales, reducir el mantenimiento correctivo y aumentar el rendimiento de las líneas de producción.**

HIPÓTESIS

Se espera que estos equipos de refrigeración ayuden a disminuir considerablemente la temperatura dentro de los tableros, lo que mejoraría la eficiencia térmica de sus componentes internos.

CAPÍTULO I

I. Líneas de inmersión

El proceso de manufactura de preservativos se llama "*Dipping*", o inmersión en español, este nombre surge debido al procedimiento que se sigue para producir preservativos, donde es necesario sumergir moldes de vidrio limpios, llamados *formadores*, montados sobre una cadena sin fin dentro de tanques que contienen látex líquido. El material de látex lechoso se adhiere y recubre la superficie de los formadores y luego son trasladados a la parte de calentado y secado.

Esta cadena sin fin que transporta los formadores es conocida como **líneas de inmersión**, que trabajan y producen preservativos las 24 horas del día y solo son detenidas cuando se les hace mantenimiento.

Con el fin de asegurar una estabilidad y fortaleza constantes, el proceso de inmersión y secado se repite al menos dos veces. Los preservativos son retirados de los formadores por el agua bajo el lavado siendo en este momento en el que el preservativo toma su forma ya conocida. El entorno de proceso se controla automáticamente y el látex en el tanque de inmersión se inspecciona periódicamente además de ser mezclado constantemente debido a que el látex tiende a secarse rápidamente.

Proceso de fabricación de preservativos

1. Mezcla de látex

Para obtener el compuesto de moldeo, varios químicos son mezclados hasta obtener partículas de tamaño específico, estos químicos son luego mezclados con látex, agua y jabón por un periodo de 24 horas.

2. Tanques de maduración

Cuando el proceso de mezcla termina, el compuesto es vertido en tanques para esperar que este mismo madure. La maduración se lleva a cabo a una temperatura específica por 10 días. Después de este tiempo, el compuesto ya está listo para entrar a las líneas de producción e iniciar con la fabricación del preservativo crudo.

3. Primera inmersión

En esta primera inmersión, se colocan los tanques del compuesto de látex debajo de las cadenas de las líneas que contienen los formadores para que estos puedan ser sumergidos y crear su primera capa.

4. Secado y segunda inmersión

Después de la primera inmersión, el látex se seca y el formador entra en el siguiente tanque para la segunda inmersión en el látex. Después del secado de esta nueva capa, se hace el aro en el extremo abierto del preservativo a través de un proceso de enrollado mediante un sistema en el cual se utiliza un cepillo giratorio.

5. Vulcanización y lixiviación

Luego de las dos inmersiones, el preservativo pasa a un túnel para la vulcanización a una temperatura de 115 °C, después de esto, la capa de látex ya ha formado el preservativo y este puede ser desprendido del formador previa etapa de lixiviación que consiste en sumergir los moldes con látex en agua caliente para remover cualquier exceso de productos químicos y las proteínas extraíbles de los preservativos.

6. Desmoldado y limpieza de los formadores

Como último paso, se realiza el desprendimiento (desmoldado) a través de cepillos que empujan el preservativo hasta que logran desprenderse. Antes de que el formador inicie de nuevo el proceso, este pasa por un sistema que limpia cualquier residuo del compuesto que haya quedado de las inmersiones anteriores.

A partir de aquí, comienzan los procesos de pruebas de calidad y lubricación del preservativo para que finalmente puedan ser sellados y empaquetados.

Componentes de la línea de inmersión: Motores

1. Cadena

Es el motor principal de las líneas de inmersión, es el encargado de hacer girar toda la cadena en la que van instalados los formadores con ayuda de un motorreductor para disminuir las revoluciones por minuto. Este motor es ayudado por un variador de frecuencia que permite ajustar la velocidad a la que va la cadena.



Imagen 1.1.1. Motorreductor de la cadena de la línea de inmersión doble

2. Bomba de desmolde (Water jet)

Es la que se encarga de impulsar el agua que retira los preservativos de los formadores una vez que son madurados al pasar por el tanque de lixiviación.



Imagen 1.2.1. Bomba y tanque de desmolde.

3. Estaciones de lavado

Después de que el preservativo es desmoldado, el formador pasa por 4 cepillos que se encuentran distribuidos a los costados que son impulsados por dos motores independientes; estos cepillos están unidos a los motores a través de una banda y son los que se encargan de lavar y eliminar las impurezas que hayan podido quedar en los formadores en el proceso de desmolde con ayuda de la bomba Water Jet que alimenta las mangueras que se usan en el lavado.

Imagen 1.3.1. Estaciones de lavado.



4. Estaciones de secado

Al igual que las estaciones de lavado, estos son motores que impulsan una serie de cepillos, que, en este caso, aumentan en número de cepillos por motor (4 cepillos) y además se aumenta el número de estaciones hasta 4, quedando un total de 16 cepillos de secado. Estos retiran el exceso de agua que quedó en el proceso de lavado para que el formador pueda entrar de nuevo al tanque de látex.



Imagen 1.4.1. Últimas dos estaciones de secado de la línea de inmersión 2

5. Estación de secado en punta

Este es un solo cepillo encontrado en la parte inferior de los formadores colocado de forma horizontal, encargado de eliminar cualquier gota de agua que haya podido quedar en las puntas o receptáculos de los formadores.

Imagen 1.5.1. Cepillo de la estación de secado en punta



6. Agitadores de látex

Estos se encuentran en los dos tanques de látex para prevenir que este madure y se solidifique por estar en contacto con el aire, se utiliza un pequeño motor con su reductor acoplado a un aspa que gira a bajas revoluciones para ayudar a que el látex esté en constante movimiento. Se encuentra un agitador por tanque.



Imagen 1.6.1. Agitador con el tanque de látex vacío

7. Formadores de anillo

Este motor se encarga de hacer girar un cepillo que entra en contacto con la parte inferior de los preservativos para poder formar el anillo característico de estos mismos cuando aún están en etapa de maduración. En este proceso existen 2 motores, uno que se encarga de activar el cepillo, y el segundo motor acciona una banda que hace girar los formadores para que el cepillo anteriormente mencionado pueda abarcar toda la circunferencia del formador.



Imagen 1.7.1. Cepillo formador de anillo

CAPÍTULO II

Tableros eléctricos

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico.

Partes de un tablero

Gabinete: parte exterior que se encarga de proteger a todos los componentes de un circuito de control, principalmente los podemos encontrar de metal, aunque en algunas ocasiones y, depende de su aplicación, los encontramos de plástico.

Rieles metálicos: estos rieles sirven como base para poder montar todos los componentes que se van a utilizar para el control del sistema.

Barras colectoras: estas barras son de un material conductor y se utilizan para suministrar la corriente eléctrica a los componentes del tablero, por lo regular se utilizan cuando se necesita de una gran cantidad de energía.

Canaletas: son unos canales de plástico en donde se colocan los cables para llevarlos de un lugar del tablero hacia otro.

Borneras de conexiones: también se les conocen como clemas y prácticamente son conectores eléctricos que aprisionan el cable a través de un tornillo, estas borneras se utilizan principalmente cuando los cables van a salir del tablero hacia

un componente externo como puede ser un motor o cualquier actuador.

Prensa cables: también se les conoce como conectores de glándula y estos van empotrados en el gabinete eléctrico para poder transportar los cables de una manera segura desde el exterior al interior o viceversa.

Instrumentos de medición en tableros

Según sea la cantidad o parámetro que se mide, los instrumentos adoptan un nombre que indica la cantidad que se mide.

Se distinguen tres tipos de instrumentos:

- Indicadores
- Registradores
- Integradores

Imagen 2.1. Tipos de instrumentos indicadores de medición.



Tipo de tableros

Podemos encontrar y clasificar diferentes tipos de tableros ya sea por su aplicación o por su contenido de estos.

- Tablero de distribución.
- Tablero CCM
- Tableros auto soportados
- Tablero empotrado
- Tablero adosado

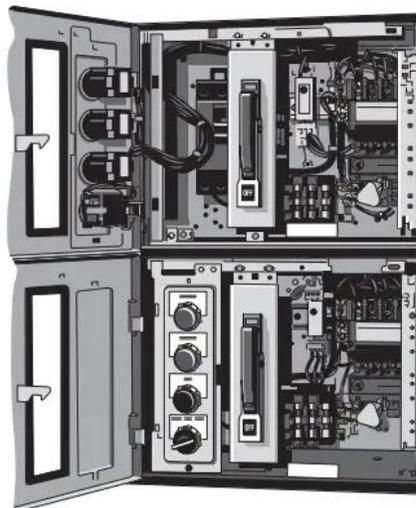
CAPÍTULO III

Centro de control de motores (CCM)

En muchas aplicaciones comerciales e industriales, se requieren bastantes motores eléctricos, y, a menudo, es deseable controlar algunos o todos los motores desde una ubicación central. El aparato diseñado para esta función es el centro de control de motores (CCM).

Los centros de control de motores son simplemente agrupaciones físicas de arrancadores de combinación en un tablero. Un arrancador combinado es un gabinete único que contiene el arrancador de motor, fusibles o disyuntores y un dispositivo para desconectar la alimentación. También se pueden incluir otros dispositivos asociados con el motor, como los pulsadores y las luces indicadoras.

Imagen 3.1. Centro de Control de Motores.



El hecho de que un CCM contenga principalmente unidades de control de motores combinados es lo que diferencia a un centro de control de motores de otros

equipos de distribución de energía.

Tipos de centros de control de motores

Los CCM se clasifican principalmente por capacidad de amperaje y por tecnología:

- Centro de Control de Motores de baja tensión
- Centro de Control de Motores de media tensión
- Centro de Control de Motores versión convencional: columnas con gavetas fijas o extraíbles.
- Centro de Control de Motores versión inteligente: cada gaveta o compartimento puede incorporar un arrancador suave, convertidor de frecuencia con acceso a sistemas digitales para control y supervisión.

Características de un centro de control de motores

Un centro de control de motores administra circuitos de motores, a través de arrancadores, sus principales componentes de control, y es el enlace entre los equipos de generación y los consumidores finales, que pueden ser motores, equipos de climatización y otros. Los CCM cuentan con las siguientes características:

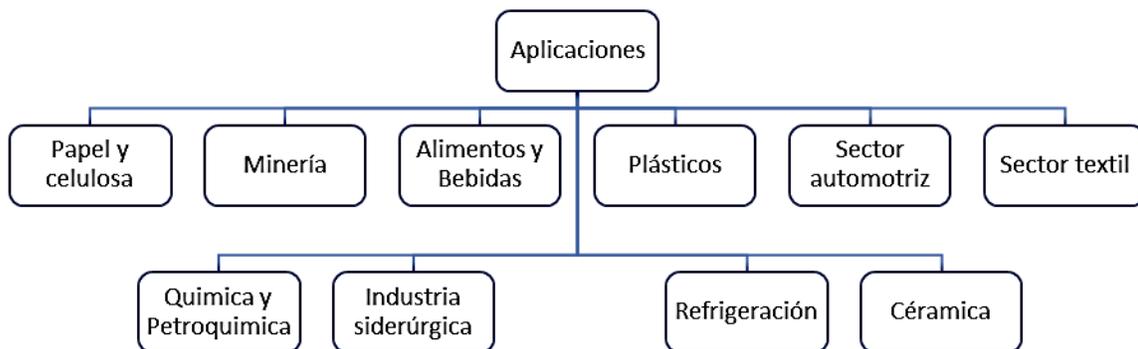
- Constan de una o más secciones verticales para dispositivos de control electromagnéticos o de estado sólido.
- Manejan amperajes de entre 600 a 5000 A, según el fabricante, aunque se recomiendan dos alineaciones de CCM para grupos de cargas que superen los 2000 A.

- Deben funcionar a temperaturas ambiente entre los 0° C y los 40° C.
- Humedad máxima permitida: 95% sin condensación.
- Cuentan con sistema de interrupción de dispositivos eléctricos ante fallas, según capacidades.
- Cuentan con una clase de altitud que determina la capacidad de instalación del equipo.
- En las especificaciones del equipo se deben considerar portacables, vías para buses, cables de alimentación a los equipos y necesidades futuras, pues estos aspectos marcan la diferencia para una larga vida útil.

Aplicaciones de un Centro de Control de Motores

Los CCM se usan para operar maquinaria, para sistemas de edificios comerciales y para diversos procesos industriales en:

Diagrama 3.1. Centro de Control de Motores.



Elementos de un centro de control de motores

Contactor

Un contactor es un dispositivo electrónico que puede establecer o interrumpir la

corriente eléctrica a distancia. Es decir, un contactor es un aparato que sirve para abrir o cerrar un circuito sin necesidad de tener contacto físico.

Sirve para automatizar el accionamiento de los motores eléctricos, ayudando a accionarlo en procesos que suelen ser cíclicos; asimismo, sirve en las industrias para controlar el funcionamiento de los motores eléctricos mediante un mando a distancia, facilitando así las maniobras de instalación de motores.

Por lo tanto, el contactor es muy similar al relé, pero la principal diferencia es que los relés controlan corrientes de baja intensidad, mientras que los contactores pueden utilizarse como interruptores de circuitos de alta potencia.

Partes de un contactor

Carcasa: es la parte del contactor que vemos, en su interior se encuentran todos los elementos eléctricos del contactor. El material de la carcasa no es conductor, soporta golpes no muy fuertes y aguanta temperaturas no mayores a 50 °C.

Electroimán: parte del contactor que se encarga de transformar la energía eléctrica en magnetismo, crea un campo magnético para provocar un movimiento mecánico.

Bobina: se trata de un cable de cobre enrollado con un gran número de espiras. Al aplicar una tensión a la bobina, se activa el electroimán mediante un campo magnético.

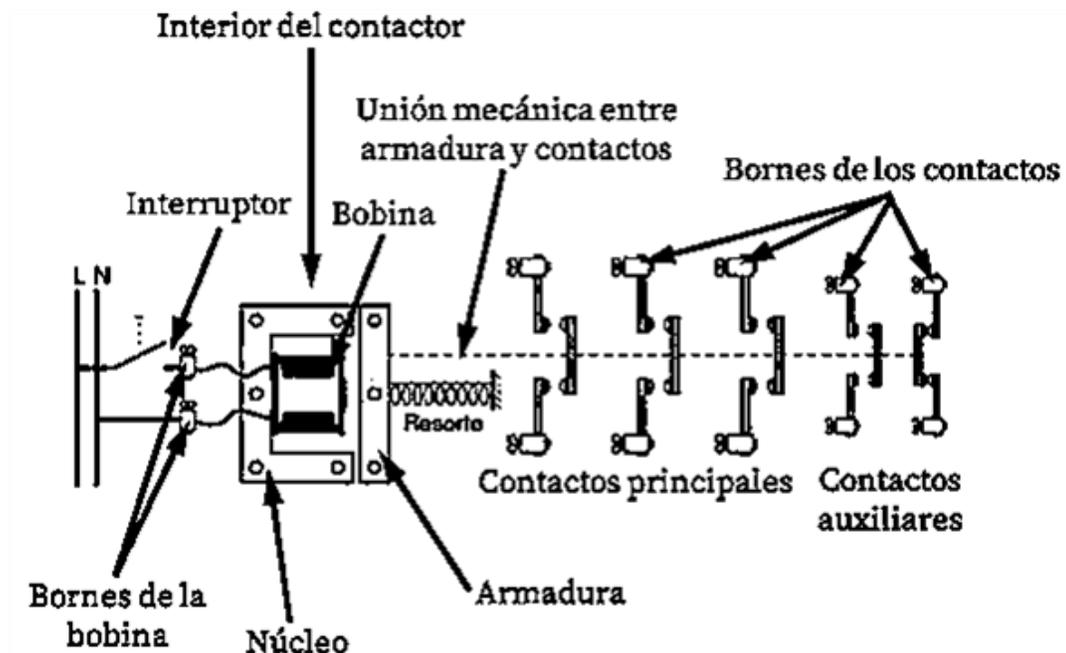
Núcleo: parte del contactor hecha de material ferromagnético, normalmente en forma de E, cuya función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina. De este modo la fuerza que atrae a la armadura es mayor.

Armadura: parte móvil del contactor que se encarga de cerrar el circuito magnético al aplicar una tensión a la bobina. Así pues, cuando circula una corriente eléctrica por la bobina, el núcleo atrae a la armadura hasta establecer contacto.

Resorte (o muelle): parte del contactor ligada a la armadura. El resorte se encarga de hacer que la armadura vuelva a su posición original cuando se corta la electricidad en la bobina.

Contactos: son elementos conductores cuya función es establecer o interrumpir el paso de la corriente cuando se activa la bobina. Se pueden separar en contactos principales, que abren o cierran el circuito principal, y contactos auxiliares, que permiten o interrumpen la electricidad a las bobinas u otros elementos.

Imagen 3.2. Partes de un contactor



Funcionamiento

El funcionamiento de un contactor se basa en crear un campo magnético que genere una fuerza magnética suficientemente grande para mover la armadura del contactor y, en consecuencia, que también se muevan los contactos.

Al hacer llegar una corriente eléctrica a la bobina, esta crea un campo magnético que es amplificado por el núcleo. Entonces, el campo magnético atrae a la armadura y provoca que se mueva hacia el núcleo del contactor.

De modo que, como los contactos están unidos a la armadura, también se provoca el movimiento de los contactos y, por lo tanto, se activa el circuito eléctrico.

Este proceso se llama *enclavamiento* del contactor.

Por otro lado, cuando se corta el paso de la corriente eléctrica a la bobina mediante el interruptor, desaparece el campo magnético y por tanto la armadura vuelve a su posición original. En consecuencia, los contactos también vuelven a su posición original y se desactiva el circuito eléctrico.

Relevadores

Conocidos también como relés, son dispositivos electromagnéticos que se encargan de abrir y cerrar el paso de la corriente eléctrica y son accionados bajo este mismo tipo de energía.

Los relevadores tienen una bobina conectada a una corriente, cuando esta se activa produce un campo electromagnético, el cual provoca que el contacto del relé que se encuentra normalmente abierto se cierre y de esta forma, permite el paso de la corriente por un circuito para ejercer cierta acción, como arrancar un motor.

Cuando se deja de proveer corriente a la bobina, el campo electromagnético se retira y el contacto del relé se vuelve a abrir, dejando sin corriente al circuito eléctrico que iba al motor o al objeto en cuestión.

Los relevadores son útiles para activar un circuito que tiene un consumo considerable de electricidad mediante un circuito de pequeña potencia de 12 o 24 voltios que imanta la bobina.

Tipos de relevadores

- **Tipo armadura:** Un electroimán causa la basculación de una armadura al ser activado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si está normalmente abierto o cerrado.
- **Núcleo móvil:** Por su mayor fuerza de atracción, se usa un solenoide para cerrar sus contactos y se utiliza para el control de altas corrientes.

- De lengüeta: Estos relevadores están conformados por una ampolla de vidrio con contactos en la parte interior y se encuentran montados sobre delgadas láminas de metal.
- Polarizados: Conformados por una armadura pequeña, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y causa el cierre de los contactos. Si se polariza de forma contraria, el giro ocurrirá al revés, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito.
- De estado sólido: Se trata de un circuito híbrido, conformado por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac que actúa de interruptor de potencia.
- De corriente alterna: Cuando se excita la bobina de los relevadores con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético también es alterno, ocasionando una fuerza pulsante con frecuencia doble sobre los contactos.
- De láminas: Contiene un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada, el cual atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés.
- De acción retardada: Con estos relevadores es posible disponer de retardos en su conexión y desconexión.
- Con retardo a la conexión: El retardo a la conexión se consigue de manera

mecánica, por medio del aumento en la masa de la armadura para obtener mayor inercia del sistema móvil. También se consigue un efecto parecido de retardo utilizando C. C. para alimentar al relé.

- Con retardo a la desconexión: El retardo a la desconexión también se consigue de manera mecánica, pero disminuyendo la presión de los resortes del relé.
- Con retención de posición: Los relevadores cuentan con un diseño que contiene remaches de elevada remanencia y se encuentran dentro de orificios practicados en el núcleo y la armadura de los mismos con exacta coincidencia.

Interruptores termomagnéticos

Los interruptores se utilizan para controlar el flujo de electricidad para proporcionar energía a los dispositivos eléctricos. Estos dispositivos se pueden espaciar dependiendo del tipo de conexión que necesite el sistema.

Uno de los tipos más importantes de interruptores es el interruptor termomagnético. Una de sus principales características es que está diseñado para controlar el calentamiento y enfriamiento sobre el control del flujo eléctrico.

Funcionamiento

Su funcionamiento se basa en el principio de la inducción electromagnética, que hace que el magnetismo generado por una corriente eléctrica al pasar a través de un alambre sea capaz de crear un campo magnético. Esto provoca que los imanes de los interruptores termomagnéticos se atraigan mutuamente, creando una conexión entre

los contactos del interruptor que permita transmitir corriente eléctrica.

Los interruptores termomagnéticos generalmente contienen un material aislante dentro de su carcasa y un mecanismo de disparo térmico, que es el responsable de controlar la cantidad de corriente eléctrica que circula a través del circuito. Cuando ocurre un incremento repentino o excesivo de la corriente eléctrica, el mecanismo de disparo térmico detecta la sobrecarga y desconecta el circuito.

Tipos de interruptores termomagnéticos

- Interruptores de temperatura diferencial.
- Interruptores automáticos de protección contra sobrecorriente.
- Interruptores de encendido/apagado de alta temperatura.
- Interruptores bimetálicos.

Estándares de diseño para los centros de control de motores

Aunque varias organizaciones participan en el establecimiento de estándares para el diseño, la construcción y la aplicación de centros de control de motores, los estándares principales que se analizan son establecidos por UL, NEMA y NFPA.

UL UNDERWRITERS LABORATORIES (UL)

Es una empresa privada reconocida a nivel nacional como un laboratorio de pruebas independiente. Prueba los productos por seguridad y los productos que pasan las pruebas pueden llevar una marca UL.

NEMA ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES ELÉCTRICOS

Es una organización que, entre otras cosas, desarrolla estándares para equipos eléctricos.

NFPA LA ANTIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

Es una organización sin fines de lucro que publica National Electrical Code. La intención de esta es describir practicas eléctricas seguras.

IEC LA COMISIÓN ELECTROTÉCNICA INTERNACIONAL (IEC)

Es una organización con sede en Ginebra, Suiza, con más de 50 países miembros. IEC escribe normas para prácticas de equipos eléctricos y electrónicos.

CAPÍTULO IV

Sistemas de enfriamiento para tableros eléctricos

Cada uno de los equipos, componentes y conexiones instalados en el interior de un tablero eléctrico generan cierta cantidad de calor. Para mantener una temperatura idónea que no comprometa el estado de los dispositivos y su correcto funcionamiento es indispensable que cuenten con sistemas de gestión térmica. Estos ayudan a prolongar la vida útil de los equipos y a garantizar la continuidad de su operatividad.

Los sistemas de enfriamiento para tableros eléctricos son sistemas de refrigeración cuya finalidad es enfriar el aire y mantener la temperatura interna de un tablero eléctrico dentro de los rangos operativos óptimos para que sus componentes no sufran estrés térmico. Además, separan los flujos de aire internos y externos para evitar la contaminación cruzada del polvo y la humedad.

Objetivos de los sistemas de gestión térmica

Los diferentes sistemas de enfriamiento para gabinetes eléctricos deben cumplir con varias funciones. Entre ellas mantener las condiciones de temperatura en los niveles adecuados, procurar la estanqueidad de las cajas y evitar el ingreso de partículas dañinas, la condensación y presencia de humedad dentro del gabinete.

Para cumplir con esto, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- **Potencia disipada:** cada componente cuenta con elementos diseñados para disipar calor en las proporciones de la corriente que se les suministra. Diversos ensayos han determinado que la potencia que se debe disipar debe ser igual a 1,25 W/A en gabinetes de hasta 400 A o 1 W/A para los armarios que superan dicha carga.
- **Temperatura deseada:** los distintos elementos eléctricos y electrónicos y sus materiales están diseñados para trabajar de forma eficiente dentro de un rango de temperaturas definida, las cuales son establecidas por los fabricantes. Es importante considerar temperaturas para las condiciones más exigentes.
- **Temperatura del entorno:** la temperatura ambiental del lugar en el que se instalan los gabinetes eléctricos también es un indicativo de los equipos que deben utilizarse para operar en ese entorno. Generalmente la temperatura del entorno también influye en la temperatura que tendrá el propio gabinete, dado caso sea un lugar cálido o frío.
- **Grado de polución:** las condiciones del aire y su polución son determinantes para la elección de sistemas que cuenten con los niveles de protección adecuados en función del entorno y las condiciones a las que estarán expuestos los gabinetes.

Tecnologías de enfriamiento

Para el enfriamiento de gabinetes eléctricos se cuentan con distintas tecnologías, entre estas se mencionan:

- **Abanicos**

Es la tecnología más económica de todas, se tratan de unos ventiladores axiales que extraen el aire caliente del interior y lo reemplazan con aire fresco exterior. En tableros eléctricos, se recomienda utilizar un abanico para extraer el calor y otro para ingresar aire fresco para mejores resultados. Son utilizados mayormente en computadoras para ingresar aire que disipa el calor de los procesadores y otros componentes.

El inconveniente de este sistema es que, al introducir aire del exterior, además, puede introducirse suciedad que puede depositarse en los elementos del tablero y disminuir su capacidad de disipar calor. Es por ello que no se recomiendan para aplicaciones donde el aire exterior tiene muchos contaminantes por lo que el ingreso de polvo puede ser un gran problema.

- **Disipadores de calor**

Estos disipadores de calor pasivos impiden la entrada del aire exterior dentro del gabinete. Estas unidades son compactas por lo que su instalación requiere mínimas penetraciones al gabinete, lo que las hace factibles en la mayoría de tableros. Además, sus aletas están fabricadas en aluminio de alta capacidad por lo que permiten altas transferencias de calor a bajo costo.

- **Enfriamiento de gabinetes eléctricos por heat pipes (caloductos)**

En aplicaciones donde las necesidades de transferencia de calor son elevadas, se usan disipadores de calor con heat pipes. Los heat pipes son tubos metálicos con

refrigerante en su interior. El refrigerante se evapora al recibir calor y se condensa al cederlo por lo que hay dos fases de refrigerante en el mismo tubo.

Al evaporarse el refrigerante, baja su densidad, por lo que asciende, fenómeno contrario cuando se condensa. El que haya dos fases de refrigerante en el interior le da una gran capacidad de transferir calor.

Debido a la razón de su funcionamiento, es aconsejable instalarlos en la parte superior del gabinete; pueden ser instalados en los laterales, pero su capacidad de transferir calor se ve reducida.

- **Enfriador de estado sólido**

Finalmente, la tecnología de enfriadores de estado sólido utiliza el efecto Peltier para enfriar los gabinetes. Estos enfriadores no tienen partes móviles, compresores o refrigerantes. Presentan bajas vibraciones y rodamientos en los abanicos para un bajo mantenimiento.

Por su diseño, pueden instalarse en gabinetes donde hacen lavados o incluso en gabinetes que se encuentran instalados a intemperie. Sumado a esto tienen una operación muy confiable y pueden operar continuamente las 24 horas del día.

Son especialmente útiles en donde la temperatura exterior del gabinete es mayor que el interior.

CAPÍTULO V

Descripción de las actividades realizadas

Para el diseño e implementación del sistema de enfriamiento, es necesario recabar cierta información de los tableros para poder determinar las pérdidas de potencia que se disipan en forma de calor, así como algunos datos técnicos de los gabinetes y sus componentes internos.

5.1. LEVANTAMIENTO DE DATOS

Existen en total 22 tableros que controlan y administran los circuitos eléctricos a lo largo de toda la fábrica, en las que se encuentran incluidas las luminarias, los aires acondicionados, las máquinas selladoras, máquinas probadoras, equipos de prueba electrolítica, equipos de estallamiento, etc. A continuación, se anexa la tabla 5.1.1 que muestra la lista de todos los tableros eléctricos existentes en la fábrica.

Tabla 5.1.1. Relación de tableros eléctricos en la fábrica RRT Medical

NO.	Descripción	Voltaje	Ubicación
1	Tablero principal	3F 4H 220V AC	Empaque
2	Tablero	3F 4H 220V AC	Almacén 1 de insumos
3	Tablero	3F 4H 220V AC	CA
4	Tablero	3F 4H 220V AC	CA
5	Tablero	3F 4H 220V AC	DL
6	Tablero de alumbrado y contactos	3F 4H 220V AC	DL
7	Tablero	3F 4H 220V AC	Casilleros
8	Interruptor. COMP01	3F 4H 220V AC	Compresores
9	Tablero. Bomba	3F 4H 220V AC	Hidroneumático
10	Tablero	3F 4H 220V AC	DL
11	Tablero	3F 4H 220V AC	Oficinas
12	Tablero. A/A Oficina	3F 4H 220V AC	Área de merma
13	Interruptor. A/A QA	3F 4H 220V AC	Compresores

14	Tablero	3F 4H 220V AC	Oficinas
15	Tablero principal	3F 4H 440V AC	Transformador calle Gardenias
16	Tablero. Probadoras	3F 4H 440V AC	CA
17	Tablero. A/A	3F 4H 440V AC	CA
18	Interruptor. COMP02	3F 4H 440V AC	Compresores
19	Tablero	3F 4H 440V AC	Área de lavado y secado
20	Tablero. Chiller	3F 4H 440V AC	Almacén de refacciones
21	Tablero. DL02/DL03	3F 4H 440V AC	DL
22	Tablero. DL04	3F 4H 440V AC	DL

De la lista de los 22 tableros, 3 están destinados al control y operación de las líneas de inmersión (DL, *dipping lines*, líneas de inmersión en inglés) que son las encargadas de crear las capas de los preservativos, siendo una de ellas de doble cadena (línea 2 y 3), estos tableros son aquellos que están resaltados en amarillo; su distribución es la siguiente:

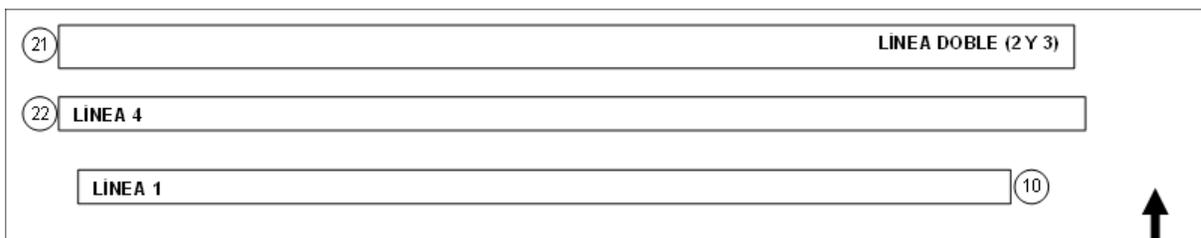


Imagen 5.1.1. Ubicación de los tableros DL01, DL02/03 y DL04 con respecto a las líneas de inmersión

Estos tableros eléctricos controlan los motores, hornos, sensores y todos los elementos que están instalados en las líneas de inmersión. Dado que vamos a trabajar sobre todo en estos tres tableros, los vamos a nombrar como:

1. Tablero de línea 1, (*Tablero DL1*)
2. Tablero de la línea doble, (*Tablero DL2/3*)
3. Tablero de la línea 4, (*Tablero DL4*)

Tabla 5.1.2. Características de la máquina de producción de preservativos

Línea de Inmersión	Simple	Doble
Longitud	34,5 m	35,5 metros
La capacidad diaria (24 h)	800 brutos o 115 000 piezas	1600 brutos o 230 000 piezas
Dimensiones		
Longitud	34,5 m	35,5 m
Ancho	1-1,2 m	1,6,
Alto	1,9 m	1,9 m
Potencia de conexión	trifásica 380-440V 50/60Hz – 80 - 100kW	trifásica 380-440V 50/60Hz – 160 - 180kW

En esta primera fase, se obtuvieron y calcularon los siguientes datos de los tres gabinetes:

- Dimensiones de los gabinetes
- Materiales de fabricación
- Posición del gabinete
- Color y grado de protección
- Tipo de ambiente
- Temperatura ambiente
- Temperatura máxima
- Temperatura ideal
- Horas de operación
- Amperaje
- Voltaje
- Potencia eléctrica total
- Potencia disipada por los componentes internos

Datos físicos: dimensiones, materiales y colores de los gabinetes

1. Tablero DL1: 1 m x 1 m x 0.30 m
2. Tablero DL2/3: 1.61 m x 1.02 m x 0.40 m
3. Tablero DL4: 1.61 m x 1.02 m x 0.40 m

Imagen 5.1.2. Imágenes de los tableros eléctricos de las líneas de inmersión



Tablero DL01



Tablero DL02/03



Tablero DL04

El material de los gabinetes es de acero inoxidable y tienen un color RAL 9001 blanco crema. Estos están instalados sobre la estructura que sostiene a las DL, por lo que no están adosados a la pared.

Dado que estos tableros están en la misma área donde se encuentran las DL, que trabajan con mezclas de látex, fécula de maíz y con poca humedad, es necesario que estén protegidos con una certificación NEMA/IP contra suciedad y agentes externos.

Estándares de protección "IP" y "NEMA"

Los equipos diseñados para trabajo en ambientes hostiles deben cumplir con ciertos estándares que aseguren su robustez y permitan a la gente saber hasta dónde pueden llegar en su utilización. Para saber si un equipo son los adecuados para una

aplicación que funcionará bajo condiciones extremas, es necesario revisar sus especificaciones mecánicas, donde generalmente encontraremos grados IP, NEMA o IEC. A continuación, se explican brevemente los fundamentos de estos estándares.

IP (Ingress Protection o International Protection).

El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que el equipo eléctrico y gabinetes deben reunir. Los números IP son frecuentemente indicados en gabinetes, conectores, etc.

Tabla 5.1.3. Certificación IP

NO.	PRIMER DÍGITO – PROTECCIÓN CONTRA SÓLIDOS	SEGUNDO DÍGITO – PROTECCIÓN CONTRA LÍQUIDOS	TERCER DÍGITO – PROTECCIÓN CONTRA IMPACTOS MECÁNICOS
0	Sin protección		
1	Protegido contra objetos sólidos mayores a 50 mm	Protegido contra gotas de agua que caigas verticalmente	Protegido contra impactos de 0.225 J
2	Protegido contra objetos sólidos mayores a 12 mm	Protegido contra rocíos directos hasta 15° de la vertical	Protegido contra impactos de 0.375 J
3	Protegido contra objetos sólidos mayores a 2.5 mm	Protegido contra rocíos directos hasta 60° de la vertical	Protegido contra impactos de 0.5 J
4	Protegido contra objetos sólidos mayores a 1 mm	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones – entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 2 J
5	Protegido contra polvo – entrada limitada permitida	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones – entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 6 J
6	Totalmente protegido contra el polvo	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones – entrada limitada permitida	Protegido contra impactos de 20 J
7		Protegido contra los efectos de inmersión de 15 cm a 1 m	
8		Protegido contra largos	

periodos de inmersión bajo presión

Clasificación NEMA

Si bien las clasificaciones de IP definen el nivel de protección que tiene una caja eléctrica contra elementos específicos, una clasificación NEMA especifica en qué tipo de ubicación ambiental se puede usar con éxito y con seguridad, y qué condiciones ambientales puede soportar el equipo.

Tabla 5.1.4 Certificación NEMA.

TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Propósitos generales
2	A prueba de goteos
3	Resistente al clima
3R	Sellado contra la lluvia
3S	Sellado contra la lluvia, granizo y polvo
4	Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua y agua proyectada; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario
4X	Instalación interior o exterior, protege contra el polvo transportado por el viento y la lluvia, salpicaduras de agua, agua proyectada y corrosión; además protege contra daños ocasionados por la formación de hielo exterior sobre el armario
5	Sellado contra el polvo
6	Sumergible
6P	Contra entrada de agua durante inmersiones prologadas a una profundidad limitada
7 (A, B, C, D)*	Locales peligrosos, Clase I – equipos cuyas interrupciones ocurran en el aire
8 (A, B, C, D)*	Locales peligrosos, Clase I – aparatos sumergidos en aceite
9 (E, F, G)*	Locales peligrosos, Clase II
10	U.S. Bureau of Mines – a prueba de explosiones (para minas de carbón con gases)
11	Resistente al ácido o a gases corrosivos – sumergido en aceite
12	Protección interior contra caída de suciedad, acumulación del polvo del aire ambiental, así como contra el goteo de líquidos no corrosivos.

13	A prueba de polvo
----	-------------------

*Las letras que siguen al número indican el grupo o grupos particulares de locales peligrosos según se definen en el *National Electrical Code* para el que se diseñó el gabinete en cuestión. La designación de este tipo de NEMA está incompleta sin una o varias letras de sufijo.

En los registros de RRT Medical y en la ficha técnica de los tableros, no se encuentran especificaciones acerca del tipo de protección que poseen los gabinetes. Sin embargo, tras realizar una investigación exhaustiva y considerar diversos aspectos, se ha concluido que los tableros cuentan con una protección **NEMA 12**. Esta construcción está diseñada exclusivamente para su uso en interiores y proporciona un nivel de protección adecuado para el personal contra partes peligrosas, así como para el equipo contra la entrada de objetos sólidos como polvo, suciedad, pelusas, fibras y velos. Además, brinda cierta protección contra los efectos dañinos del agua, como goteo y salpicaduras.

Es importante destacar que esta protección NEMA 12 es el requisito mínimo necesario para la instalación de un sistema de refrigeración en un gabinete eléctrico.

Temperaturas

Los dos tableros que más calor disipan son los DL02/3 y DL04 por ser los que más componentes internos contienen además de trabajar más horas. Debido a que los tres tableros se encuentran instalados en la misma área de trabajo, la temperatura ambiente no tuvo muchas variaciones.

Tabla 5.1.5. Temperaturas en los gabinetes eléctricos de las líneas de inmersión

Temperaturas	DL01	DL02/03	DL04
Temperatura máxima al interior del gabinete	52 °C	53.6 °C	53.8 °C
Temperatura ambiental	47 °C	50 °C	50 °C

Las temperaturas fueron medidas con un termohigrómetro de la marca Control Company de modelo 4040MX que muestra la hora y mide temperatura y humedad.

Imagen 5.1.3. Termohigrómetro 4040MX Control Company

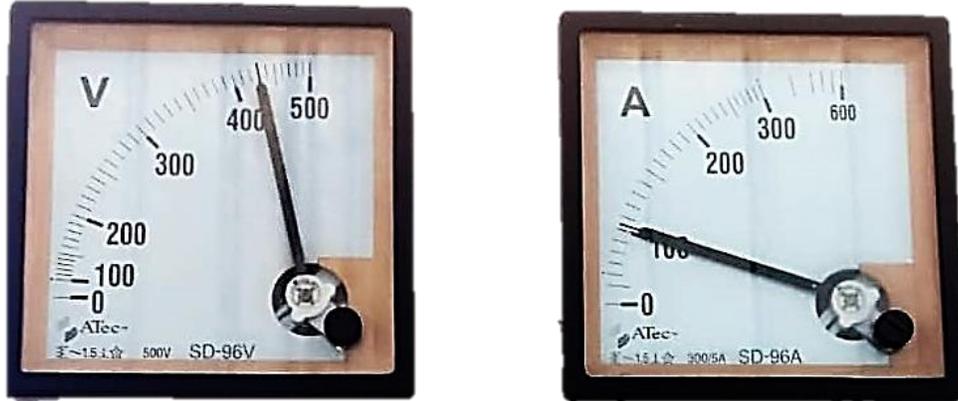


La temperatura deseada va a establecerse en un rango de 20 – 25 °C dado que esta es la temperatura ideal a la que los componentes internos de los tableros tienen su máximo rendimiento.

Datos eléctricos: voltaje, amperaje, potencia consumida y pérdidas de potencia

Los tres tableros trabajan a 440 V con un consumo de 100 A dándonos un total de 44,000 VA, que si es multiplicado por un factor de potencia de 0.9, nos da como resultado 3.9 kW de potencia real por cada uno. Cada tablero tiene un voltmetro y un ampermetro analógico en su panel frontal que indica el valor al que está trabajando el tablero.

Imagen 5.1.4. Aparatos de medición de los tableros



1.2. CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE POTENCIA

Para calcular las pérdidas de potencia y de calor que disipa cada tablero, se optó por seguir el siguiente procedimiento:

Paso 1. Identificación de los elementos internos

Como paso inicial, se identifica el fabricante y el modelo de cada elemento instalado en los tableros, así como la cantidad que hay de cada uno de ellos.

Imagen 5.2.1. Identificación de los elementos eléctricos



Paso 2. Investigación de la ficha técnica

Con el fabricante y el modelo obtenido de cada elemento, se procede a buscar la ficha técnica de estos, enfocándose en identificar el dato de “*pérdida de potencia*” o “*disipación térmica*”.

Sin embargo, cuando la ficha técnica no brinda esta información, se consigue la pérdida de potencia mediante la aplicación de la Ley de Joule.

Paso 3. Suma de todas las potencias

Como último paso, se agrupan todos los datos obtenidos en una tabla que cuantifique la cantidad total de disipación de cada tablero.

De ejemplo, se tomará el siguiente contactor de marca **Fuji Electric** con modelo **SC-N4** a 80 A.

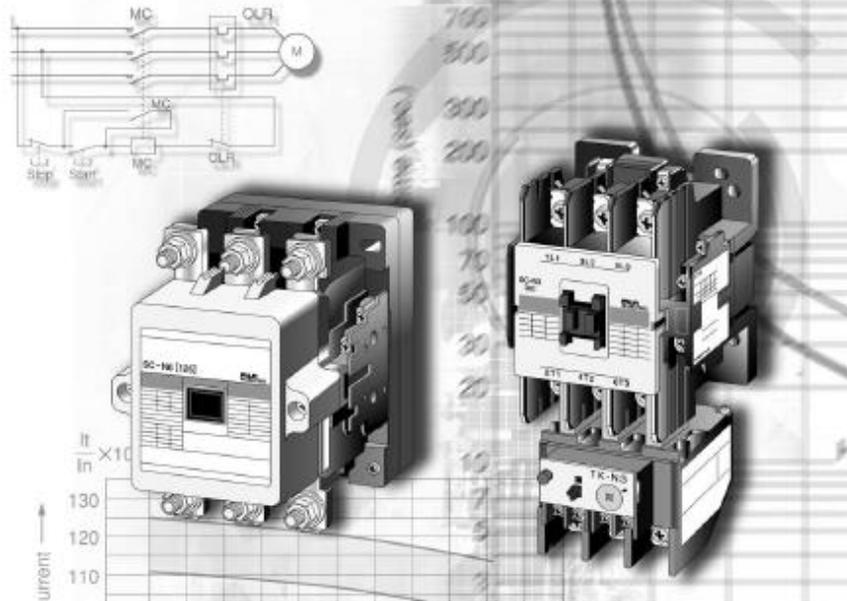
Imagen 5.2.2. Contactor Fuji Electric SC-N4 [80]



A partir de estos datos, se encontró la ficha técnica de toda la serie SC de contactores y arrancadores de motores de Fuji Electric.

FUJI Magnetic Contactors and Motor Starters

Technical Information



Se busca el apartado de pérdida de potencia o, en este caso, “Watt loss (W)”

Tabla 5.2.1. Pérdida de potencias contactores SC-N1 – SC-N4

Type	Frequency (Hz)	Pick-up voltage (V)	Drop-out voltage (V)	Exciting current (mA)	Watt loss (W)
SC-N1	50	110–130	75–105	56–69	2.7–4.5
	60	120–140	85–115	49–61	2.7–4.5
SC-N2	50	110–130	75–105	56–69	2.7–4.5
	60	120–140	85–115	49–61	2.7–4.5
SC-N2S	50	115–135	85–110	60–75	3.6–6
	60	130–150	100–125	61–76	3.6–6
SC-N3	50	115–135	85–110	60–75	3.6–6
	60	130–150	100–125	61–76	3.6–6
SC-N4	50	120–140	70–95	65–80	3.8–6.3
	60	135–155	95–120	66–81	3.8–6.3

Se selecciona el valor superior por cuestiones de cálculo.

Método alternativo

En dado caso que la ficha técnica no brinde la pérdida de potencia, se utiliza la ley de Joule que nos dicta:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Siendo:

- *Q. Potencia perdida o potencia disipada (W)*
- *I. Corriente eléctrica a la que opera el elemento (A)*
- *R. Resistencia eléctrica a la que se opone el elemento (Ω)*
- *t. Tiempo en el que transita la corriente por el elemento (h)*

Tomando como ejemplo el contactor anterior, sus datos son los siguientes:

$$I = 80 \text{ A}$$

$$V = 200 \text{ V}$$

$$R = \frac{200}{80} = 2.5 \Omega$$

$$t = 1 \text{ s}$$

Entonces:

$$Q = 80^2 \cdot 2.5 \cdot \left(\frac{1}{3600}\right) = \mathbf{4.4 \text{ W}}$$

Como se observa, el resultado dado se encuentra dentro del rango que nos presentaba la tabla de la ficha técnica.

Este procedimiento se replica a cada uno de los elementos de los tableros eléctricos.

Tabla 5.2.3. Pérdidas de potencia tablero DL01

LÍNEA DE INMERSIÓN 1						
NO.	CANT.	MARCA	MODELO	TIPO DE ELEMENTO	POT. UNIT. (W)	P.T. (W)
1	1	TERASAKI	XS225NS	ITM PRINCIPAL	35	35
2	6	HAGER	L 113	PORTAFUSIBLE	4	24
3	2	FUJI ELECTRIC	SC-N4 (80)	CONTACTOR	6.3	12.6
4	3		SC- N1	CONTACTOR	4.5	13.5
5	1		SC-5-1	CONTACTOR	3.3	3.3
6	4		SC-4-1	CONTACTOR	3.3	13.2
7	5		SC-N2	CONTACTOR	4.5	22.5
8	15		HAGER	MY 132	PORTAFUSIBLE	4.4
9	3	MY 116		PORTAFUSIBLE	3.5	10.5
10	3	MY 332		ITM	12.3	36.9
11	9	MY 120		PORTAFUSIBLE	2.1	18.9
12	8	MY 106		PORTAFUSIBLE	1.3	10.4
13	3	MY 116E		PORTAFUSIBLE	3.5	10.5
14	1	MY 363		ITM	20	20
15	2	MY 316		ITM	8.2	16.4
16	1	ABB	A12-30-10	CONTACTOR	1.46	1.46
POTENCIA TOTAL DISIPADA						315.16

Tabla 5.2.4. Pérdidas de potencia tablero DL02/DL03

LÍNEAS DE INMERSIÓN 2 Y 3						
NO.	CANT.	MARCA	MODELO	TIPO DE ELEMENTO	POT. UNIT. (W)	P.T. (W)
1	2	TERASAKI	S250-GJ	ITM PRINCIPAL	40	80
2	1	MERLIN GERIN	MULTI9 C120N	ITM TRIPOLAR	9.7	9.7
3	1	IDEC	RR2P-UL	RELEVADOR	0.5	0.5
4	3	FUJI	SC-N4	CONTACTOR	6.3	18.9
5	8	ELECTRONICS	SC-N2	CONTACTOR	4.5	36
6	7	HAGER	L 113	PORTAFUSIBLE	4	28
7	2	-	-	RELEVADOR	9.2	18.4
8	4	FUJI ELECTRIC	SC-5-1	CONTACTOR	3.3	13.2
9	9	HAGER	MY 320	MINI ITM TRIPOLAR	8.7	78.3
10	45		MY 120	MINI ITM MONOPOLAR	2.1	94.5
11	1	-	-	RELEVADOR	0.18	0.18
12	1	EATON	DILM40 XTCE040D	CONTACTOR	5.3	5.3
13	3	FARYUAN	CJX2 4011	CONTACTOR	10	30
14	5	EATON	DILM50 XTCE050D	CONTACTOR	10.3	51.5
15	1		DILM25-10 XTCE025C10	CONTACTOR	10.8	10.8
16	1	SIEMENS	SIRIUS 3RT1036-1AN16	CONTACTOR	10.98	10.98
17	1	LENZE	8200 E82EV152_2C000	VARIADOR DE FRECUENCIA	100	100
POTENCIA TOTAL DISIPADA						586.26

Tabla 5.2.5. Pérdidas de potencia tablero DL04

LÍNEA DE INMERSIÓN 4						
NO.	CANT.	MARCA	MODELO	TIPO DE ELEMENTO	POT. UNIT. (W)	P.T. (W)
1	1	EATON	LZM1	ITM PRINCIPAL	36.1	36.1
2	1	MEAN WELL	DR-120-24	FUENTE DE PODER	24	24
3	1	EATON	XPOLE PLS6-C63/3	MINI ITM TRIPOLAR	6.9	6.9
4	1		DILM95 XTC095F	CONTACTOR	16.9	16.9
5	11		XPOLE PLS6-C6/1	MINI ITM MONOPOLAR	1.5	16.5
6	1	IDEC	RR2P-UL	RELEVADOR	0.5	0.5
7	1	SCHNEIDER	RUMC21P7	RELEVADOR	9.2	9.2
8	1	IDEC	RM2S-UL	RELEVADOR	0.18	0.18
9	1	ABB	ACS355-03E-02A4-4	VARIADOR DE FRECUENCIA	36	36
10	5	EATON	DILM40 XTCE040D	CONTACTOR	10.3	51.5
11	5		XPOLE PLS6-C32/3	MINI ITM TRIPOLAR	12.1	60.5
12	22		XPOLE PLS6-C20/1	MINI ITM MONOPOLAR	3.2	70.4
13	1		XPOLE PLS6-C16/3	MINI ITM TRIPOLAR	6.9	6.9
14	1	LENZE	8400 E84AVSCE1522SX0	VARIADOR DE FRECUENCIA	110	110
15	1	EATON	XPOLE PLS6-C10/3	MINI ITM TRIPOLAR	4.6	4.6
16	4		DILM50 XTCE050D	CONTACTOR	10.3	41.2
17	1	SIEMENS	SIRIUS 3RT1036-1AN16	CONTACTOR	10.98	10.98
18	7	EATON	DILM25-10 XTCE025C10	CONTACTOR	10.8	75.6
19	1	FUJI ELECTRIC	SC-5-1	CONTACTOR	3.3	3.3
POTENCIA TOTAL DISIPADA						581.26

A continuación, se muestran las imágenes de los componentes internos de cada tablero, así como su respectivo diagrama.

Imagen 5.2.4. Elementos interiores del tablero DL01 y enumeración de componentes

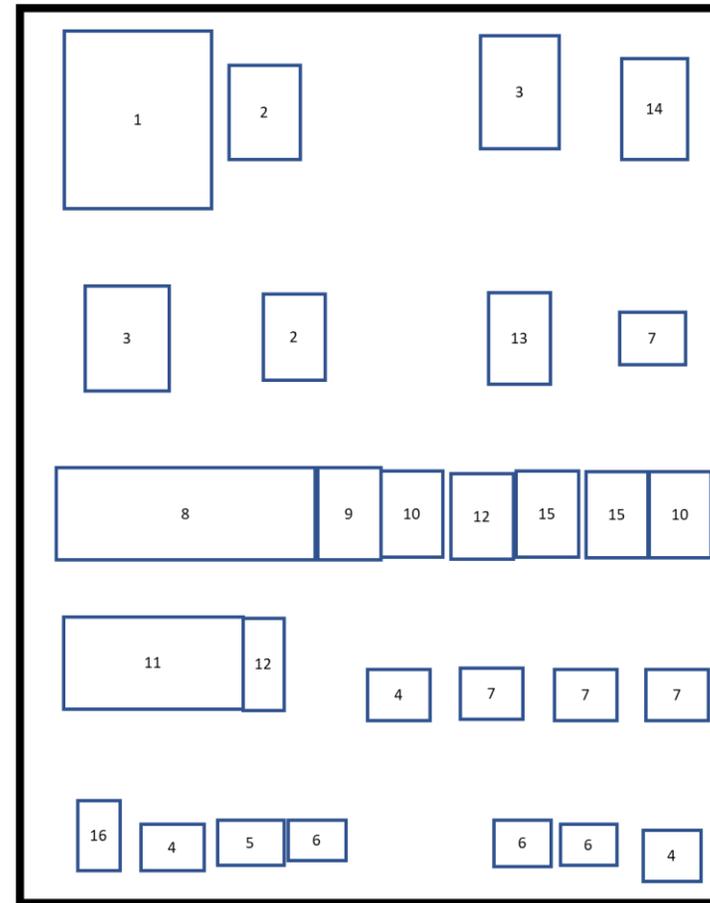


Imagen 5.2.5. Elementos interiores del tablero DL02/03 y enumeración de componentes

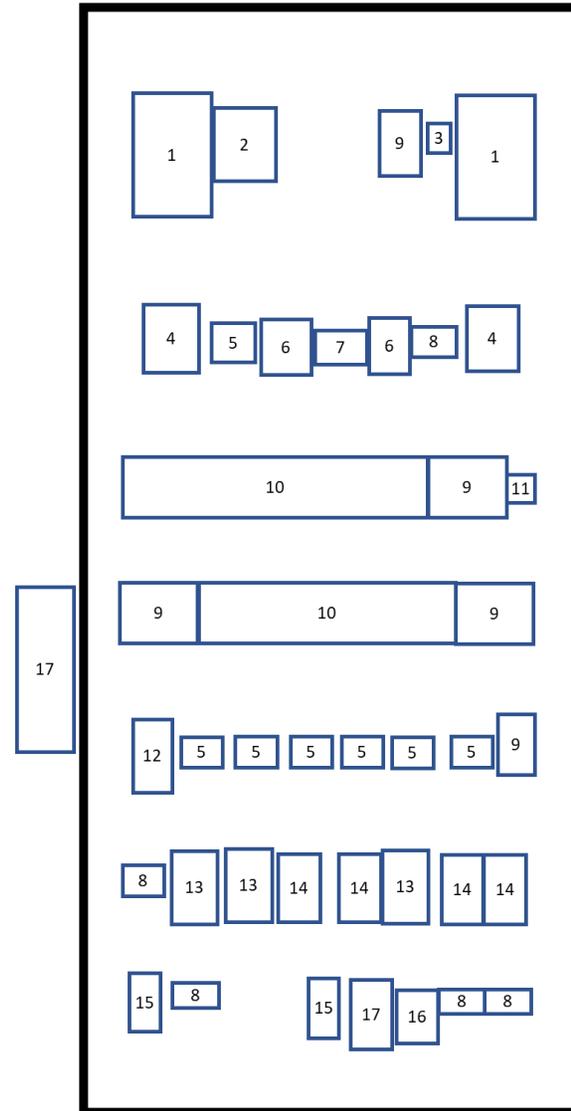
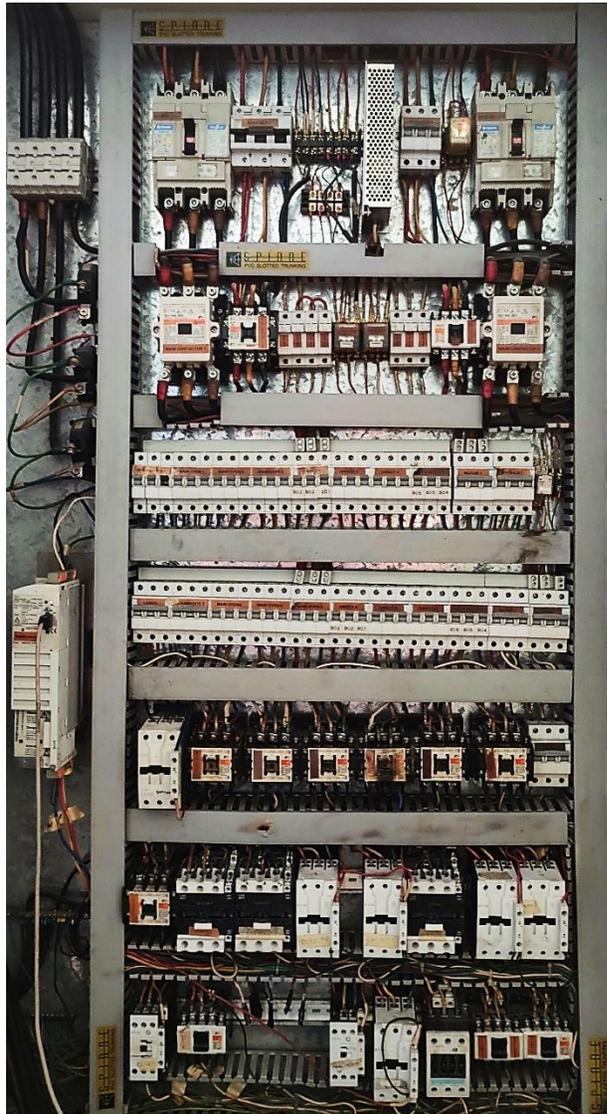
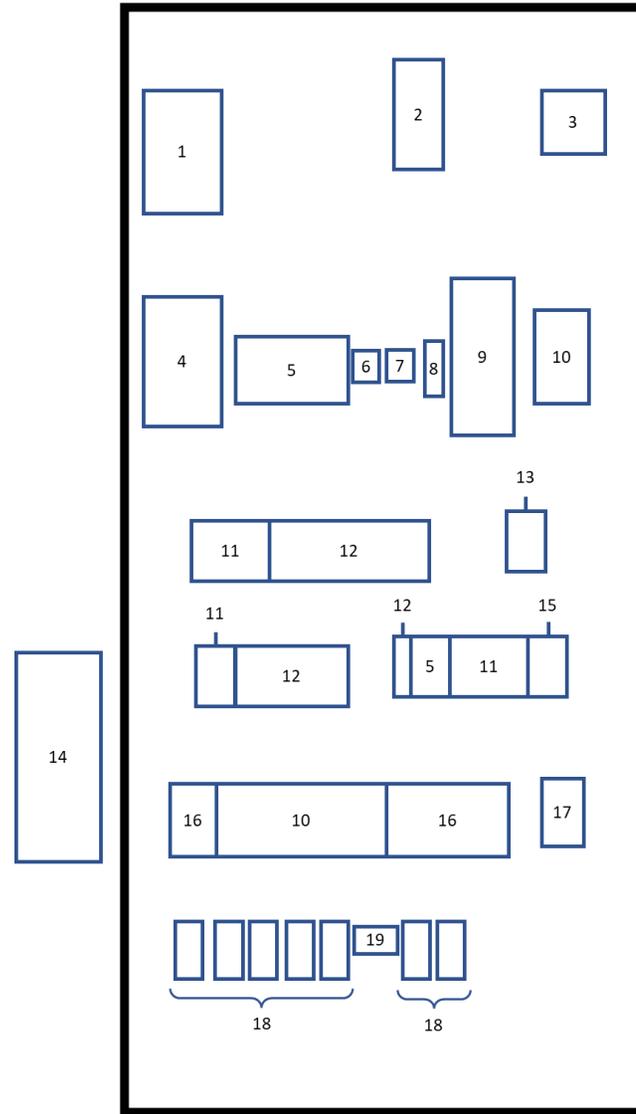
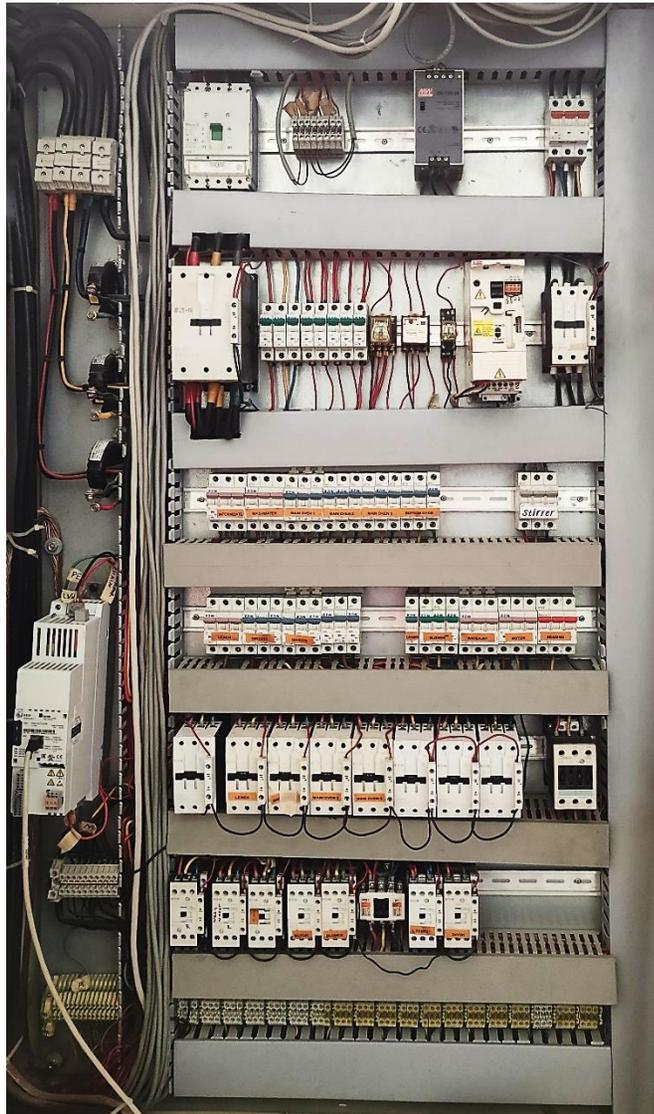


Imagen 4.2.6. Elementos interiores del tablero DL04 y enumeración de componentes



Habiendo recabado todos los datos y hecho los cálculos correspondientes, toda la información es condensada en una sola tabla para los tres tableros.

Tabla 5.2.6. Características de los tableros eléctricos de las líneas de inmersión

	TABLERO L1	TABLERO L2 y L3	TABLERO L4
Dimensiones	1 m x 1 m x 0.30 m	1.61 m x 1.02 m x 0.40 m	1.61 m x 1.02 m x 0.40 m
Material de fabricación del gabinete	Acero inoxidable	Acero inoxidable	Acero inoxidable
Color del gabinete	Color RAL 9001 – Blanco Crema	Color RAL 9001 – Blanco Crema	Color RAL 9001 – Blanco Crema
Posición del tablero	Auto soportado	Auto soportado	Auto soportado
Ambiente en donde se encuentra el tablero	Polvo, Calor, Seco	Polvo, Calor, Seco	Polvo, Calor, Seco
Temperatura ambiente en donde se encuentra instalado	47 °C	50 °C	50 °C
Temperatura máxima dentro del gabinete	52 °C	53.6 °C	53.8 °C
Temperatura interna del tablero deseada	20 °C – 25 °C	20 °C – 25 °C	20 °C – 25 °C
Pérdidas por calor de los componentes internos	315.16 W	586.26 W	581.26 W
Tensión a la que se desea alimentar el equipo	220 V	220 V	220 V

1.2.1. Rittal



Rittal es una empresa alemana líder mundial de oferta de sistemas para armarios de distribución, distribución de corriente, climatización, infraestructura TI, así como software y servicio.

Imagen 5.2.1.1. Logotipo de Rittal

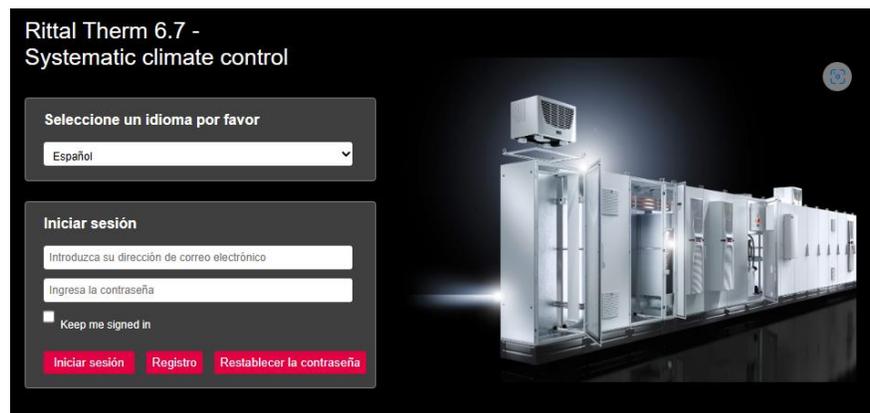
La plataforma de Rittal unifica productos y soluciones de ingeniería avanzadas y un servicio de asistencia mundial para una gran diversidad de exigencias. Y todo ello en los sectores más variados, desde la construcción de máquinas e instalaciones, pasando por la industria automovilística, hasta la tecnología de la información.

1.2.2. RittalTherm

Rittal cuenta con un programa de cálculo para la climatización de armarios de distribución, llamado **RittalTherm**.

Therm lleva a cabo el cálculo de la climatización necesaria y propone una selección adecuada de productos. Da una documentación detallada de los valores necesarios que debe tener el equipo. Therm se basa en las especificaciones de las normas IEC/TR3 60890 AMD 1 y DIN 3168 para refrigeradores de armarios de distribución.

Imagen 5.2.2.1. Rittal Therm 6.7



Disponiendo ahora del software, se inició el cálculo para la climatización de los tableros. El programa muestra una serie de pasos los cuales se tienen que seguir para que los datos que arroje sean lo más precisos posibles.

Therm 6.6 Resumen. Tablero DL01

Tabla 5.2.2.1. Temperatura ambiente para el tablero DL01

Temperatura ambiente	
Temperatura máxima fuera del armario Ta:	47 °C
Temperatura máxima dentro del armario Ti:	30 °C
Tensión de red:	230 V
Frecuencia:	60 Hz
Elemento del armario N° 1	SO 9999999
Ancho x Altura x Profundidad	1000 x 1000 x 300 mm
Clase de disposición los lados	Armario individual, libre por todos

Tabla 5.2.2.2. Cálculo de climatización para el tablero DL01

Cálculo de climatización	
Elemento del armario N° 1	SO 9999999
Ancho x Altura x Profundidad	1000 x 1000 x 300mm
Factor K del armario	5.5
Clase de disposición	Armario individual, libre por todos los lados
Temperatura media de caja sin climatización:	52 °C
Climatización necesaria	Sí
Refrigerador necesario	Sí
1 x Añadir	77 W
Potencia de pérdida	77 W
Intercambio de calor a través de la superficie	-262 W
Potencia a disipar	339 W

Tabla 5.2.2.3. Medidas para el mantenimiento de la temperatura del tablero DL01

Medidas para el mantenimiento de la temperatura		
	Aparato mural	Aparato de techo
1. Ventiladores con filtro	No se puede calcular	No se puede calcular
2. Intercambiadores de calor	No se puede calcular	No se puede calcular
3. Refrigeradores	1 x SK3303500 Blue e (342 W)	
4. Intercambiadores de calor aire/agua		
5. Resistencias calefactoras		
6. Puertas de climatización		

Los grupos de artículo 1-4 se han de utilizar de modo alternativo

Tabla 5.2.2.4. Accesorios para el tablero DL01

Accesorios		
Artículo principal / accesorio	Cantidad	Denominación de accesorio
3303500 / 4127010	1	Interruptor de puerta

Therm 6.6 Resumen. Tablero DL02/DL03 y DL04

Tabla 5.2.2.5. Temperatura ambiente para los tableros DL02, 03 y 04

Temperatura ambiente	
Temperatura máxima fuera del armario Ta:	50°C
Temperatura máxima dentro del armario Ti:	30°C
Tensión de red:	230 V
Frecuencia:	60 Hz
Elemento del armario N° 1	SO 9999999
Ancho x Altura x Profundidad	1000 x 1610 x 400 mm
Clase de disposición los lados	Armario individual, libre por todos

Tabla 5.2.2.6. Cálculo de climatización para los tableros DL02, 03 y 04

Cálculo de climatización	
Elemento del armario N° 1	SO 9999999
Ancho x Altura x Profundidad	1000 x 1610 x 400mm
Factor K del armario	5.5
Clase de disposición	Armario individual, libre por todos los lados
Temperatura media de caja sin climatización:	54 °C
Climatización necesaria	Sí
Refrigerador necesario	Sí
1 x Añadir	101 W
Potencia de pérdida	101 W
Intercambio de calor a través de la superficie	-506 W
Potencia a disipar	607 W

Tabla 5.2.2.7. Medidas para el mantenimiento de la temperatura de los tableros DL02, 03 y 04

Medidas para el mantenimiento de la temperatura		
	Aparato mural	Aparato de techo
1. Ventiladores con filtro	No se puede calcular	No se puede calcular
2. Intercambiadores de calor	No se puede calcular	No se puede calcular
3. Refrigeradores	1x SK3304500 Blue e (720 W)	
4. Intercambiadores de calor aire/agua		
5. Resistencias calefactoras		
6. Puertas de climatización		

Los grupos de artículo 1-4 se han de utilizar de modo alternativo

Tabla 5.2.2.8. Accesorios para el tablero DL01

Accesorios		
Artículo principal / accesorio	Cantidad	Denominación de accesorio
3304500 / 4127010	1	Interruptor de puerta

Esta información es aplicable tanto al tablero de la línea doble como a la de la línea 4, ya que comparten características similares y requieren el mismo equipo de enfriamiento. Sin embargo, en el caso del primer tablero, se requiere una refrigeración diferente debido a que la potencia que disipa es menor en comparación con los anteriores.

REFRIGERADOR MURAL RITTAL TOPTHERM BLUE E SK 3303.500

Tabla 5.2.2.9. Características Rittal SK 3303.500

Referencia	SK 3303.500
Descripción producto	Refrigeradores murales Blue e energéticamente eficientes en las clases de potencia de 300 a 4000 W y a partir de los 1000 W con evaporación del agua de condensación eléctrica integrada.
Ventajas	Conexión a red con el IoT Interface a través del adaptador Blue e IoT para refrigeradores a partir de una potencia de refrigeración de 500 W con controlador Confort-e
Material	Chapa de Acero
Color	RAL 7035
Unidad de envase	Condensador con capa hidrofóbica RiNano Cableado a punto de conexión (regleta de bornes de conexión a presión) Plantilla de taladros Material de fijación
Tensión de servicio	230 V, 1 ~, 50 Hz/60 Hz
Intensidad máx.	A 60 Hz: 2,6 A
Intensidad de arranque (máx.)	A 60 Hz: 6,4 A
Caudal de aire (soplado libre)	Circuito exterior: 315 m ³ /h Circuito interior: 265 m ³ /h
Ejecución	Montaje mural
Dimensiones	Anchura: 280 mm Altura: 550 mm Profundidad: 265 mm
Categoría NEMA	UL Tipo 12

Refrigerante/medio refrigerante	Agente refrigerante: R134a Cantidad: 0,17 kg
Presión de servicio admisible	28 bar
Fusible previo	Automático/fusible: 10 A
Peso/UE	17 kg
Certificados	EAC

REFRIGERADOR MURAL RITTAL TOPTHERM BLUE E SK 3304.500

Tabla 5.2.2.10. Características Rittal SK 3304.500

Referencia	SK 3304.500
Descripción producto	Refrigeradores murales Blue e energéticamente eficientes en las clases de potencia de 300 a 4000 W y a partir de los 1000 W con evaporación del agua de condensación eléctrica integrada.
Ventajas	Conexión a red con el IoT Interface a través del adaptador Blue e IoT para refrigeradores a partir de una potencia de refrigeración de 500 W con controlador Confort-e
Material	Chapa de Acero
Color	RAL 7035
Unidad de envase	Condensador con capa hidrofóbica RiNano Cableado a punto de conexión (regleta de bornes de conexión a presión) Plantilla de taladros Material de fijación
Tensión de servicio	230 V, 1 ~, 50 Hz/60 Hz
Intensidad máx.	A 60 Hz: 4,3 A
Intensidad de arranque (máx.)	A 60 Hz: 14 A
Caudal de aire (soplado libre)	Circuito exterior: 805 m ³ /h Circuito interior: 600 m ³ /h
Ejecución	Montaje mural
Dimensiones	Anchura: 400 mm Altura: 950 mm Profundidad: 260 mm
Categoría NEMA	UL Tipo 12
Refrigerante/medio refrigerante	Agente refrigerante: R134a Cantidad: 0,325 kg

Presión de servicio admisible	28 bar
Fusible previo	Automático/fusible: 10 A
Peso/UE	39 kg
Certificados	EAC

Estos son los modelos seleccionados por el programa a raíz de los resultados que se obtuvieron.

Imagen 5.2.2.2. Modelos de Rittal seleccionados por el programa RittalTherm



Rittal SK 3303.500



Rittal SK 3304.500

CAPÍTULO VI

RESULTADOS OBTENIDOS

6.1. COTIZACIONES

Al contar ahora con los datos y características de los equipos, se procedieron a solicitar cotizaciones a las empresas dedicadas a la fabricación de estos equipos de refrigeración, como son:

- Rittal
- Hoffman Nvent
- Mexitrade (distribuidor oficial de Rittal)

6.1.1 RITTAL S.A. DE C.V.

Rittal fue una de las primeras opciones al solicitar cotizaciones, por ser la empresa con más renombre en el sector de equipos de refrigeración para tableros. Los datos de la región que nos atendió son:

Los equipos y precios que nos proporcionaron son los siguientes:

Tabla 6.1.1.1. Cotización de Rittal para el tablero DL01

Item	Cantidad	No. de parte	Descripción del material	Precio de lista unitario MXN	Precio de lista total MXN	Tiempo de entrega
1	1	3303500	SK RTT REFRIGERADOR MURAL 500W.	\$ 51,486.53	\$ 51,486.53	2 semanas
2	1	4127010	SZ INTERRUPTOR DE PUERTA S/CABLE (UL)	\$ 1,044.66	\$ 1,044.66	En stock
3	1	3286300	SK ESTERA FILTRANTE P. SK 3302	\$ 737.99	\$ 737.99	En stock
SUBTOTAL					\$ 53,269.18	
DESC. 18%					\$ 9,588.45	
TOTAL					\$ 43,680.73	

Tabla 6.1.1.2. Cotización de Rittal para el tablero DL02, DL03 y DL04

Item	Cantidad	No. de parte	Descripción del material	Precio de lista unitario MXN	Precio de lista total MXN	Tiempo de entrega
1	1	3304500	SK RTT REFRIGERADOR MURAL 1000W.	\$ 59,213.15	\$ 59,213.15	En stock 8 piezas
2	1	4127010	SZ INTERRUPTOR DE PUERTA S/CABLE (UL)	\$ 1,044.66	\$ 1,044.66	En stock
3	1	3286400	SK ESTERA FILTRANTE P/SK3304/5	\$ 784.67	\$ 784.67	En stock
SUBTOTAL					\$ 61,042.48	
Desc. 18%					\$ 10,987.65	
Total					\$ 50,054.83	

6.1.2 HOFFMAN NVENT

Hoffman nVent, es una empresa que lleva más de 75 años, cuentan con una amplia gama de productos enfocados en la construcción comercial, soluciones de redes de datos, automatización y refrigeración industrial, energía o infraestructura crítica.

Al solicitarle información, proporcionaron las características, fichas técnicas y precio de dos gabinetes: **SPECTRACOOl NARROW COMPACT INDOOR** y **SPECTRACOOl NARROW INDOOR/OUTDOOR**; además de ofrecer una asesoría para la instalación y puesta en marcha de los equipos.

*Imagen 6.1.2.1. Spectracool
Narrow Indoor/Outdoor Series*



*Imagen 6.1.2.2.
Spectracool Narrow
Compact Indoor Series*



Tabla 6.1.2.1. Cotización de Hoffman nVent para los tres tableros; precio en dólares USD

Cant.	Núm de parte	En stock	Lugar de envío	Tipo de servicio	Precio unitario (USD)	Precio de lista total (USD)
1	N210226G051	37	Anoka, MN	Estándar	\$ 3,822.1340	\$3822.1340
	Fecha de envío: 05/May/23		Código de modelo: 34454		Precio de Lista: \$ 5570.0000	
2	N360626G051	0	Anoka, MN	Estándar	\$ 3,614.5564	\$7,229.1128
	Fecha de envío: 09/Ago/23		Código de modelo: 23865		Precio de Lista: \$6,487.0000	

Total: \$ 11,051.2468 (USD)

ID de negocio: 61734910. MANTENIMIENTO ELECTRÓNICO, NEXTENGO, MX

Los modelos que cotizamos de esta empresa tienen las siguientes características técnicas:

Tabla 6.1.2.2. Características técnicas Hoffman nVent Spectracool Narrow Series

DATOS	TABLERO DL01	TABLERO DL02/03	TABLERO DL04
Altura	1000	1610	1610
Ancho	1000	1020	1020
Profundidad	300	400	400
Superficie total	3 m ²	5 m ²	5 m ²
Área de superficie disponible para transferencia de calor	2 m ²	3 m ²	3 m ²
Carga de Calor interna	316	561	561
Carga total	545	901	901
Color de la Carcasa	Gris	Metálico	Metálico
Tipo de material	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable
Voltaje	230 AC 50/60 Hz	230 AC 50/60 Hz	230 AC 50/60 Hz
Refrigerante	R134a	R134a	R134a
Corriente nominal máx.	3.5 A	4.7 A	4.7 A
BTU/h nominal	1800/2000	5400/6000	5400/6000
Watts nominales	528/586	1581/1757	1581/1757

6.1.3 MEXITRADE & SERVICIOS EMPRESARIALES S.A. DE C.V.

Mexitrade es una empresa mexicana fundada en 2009 dedicada a la venta, distribución y comercialización de refacciones, equipo, maquinaria y servicios industriales.

Están especializados en aire acondicionado para tableros y *chillers* con certificaciones por parte de sus marcas de distribución. Además de estar estrictamente apegados a las normas internacionales ISO 9001 2015 y Dun&Bradstreet No 815523196.

Mexitrade proporcionó dos cotizaciones: en la primera, incluyó información sobre los mismos modelos que nos sugirió Rittal. Por otro lado, en la segunda cotización, presentó los datos de dos modelos nuevos como una alternativa adicional.

Además, ambas cotizaciones incluyen un servicio de instalación brindado por ellos mismos.

Tabla 6.1.3.1. Primera cotización de Mexitrade, con fecha de 12 de abril de 2023

NO.	DESCRIPCIÓN	TIEMPO DE ENTREGA/SPV	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	SK RTT REFRIGERADOR MURAL 1000 W SKU: 3304500	3-4 DIAS S. P. V.	2	Pieza	\$ 47,500	\$ 95,000
2	SK RTT REFRIGERADOR MURAL 500 W SKU: 3303500	3-4 DIAS S. P. V.	1	Pieza	\$ 41,200	\$ 41,200
3	SERVICIO DE INSTALACIÓN 3 EQUIPOS RITTAL		3	Servicio	\$ 5,500	\$ 16,500
					SUBTOTAL	\$ 152,700
					IVA 16%	\$ 24,432.00
					TOTAL	\$ 177,132.00

Tabla 6.1.3.2. Segunda cotización de Mexitrade, con fecha de 18 de mayo de 2023

NO.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	
1	SK RTT REFRIGERADOR MURAL 1500 W SKU: 3305500	2	Pieza	\$ 66,575	\$ 133,150	
2	CLIMATIZADOR RITTAL EN 230V SKU: 3361500	1	Pieza	\$ 44,699	\$ 44,699	
3	SERVICIO DE INSTALACIÓN 3 EQUIPOS RITTAL	3	Servicio	\$ 4,000	\$ 12,000	
					SUBTOTAL	\$ 189,849
					IVA 16%	\$ 30,375.84
					TOTAL	\$ 220,224.84

6.2. DISEÑOS

Mediante el software de AutoCAD se diseñaron como se verían instalados los equipos de enfriamiento en cada tablero eléctrico, esto sirve de orientación para verificar que coincidan las medidas ya que se realizó a escala.

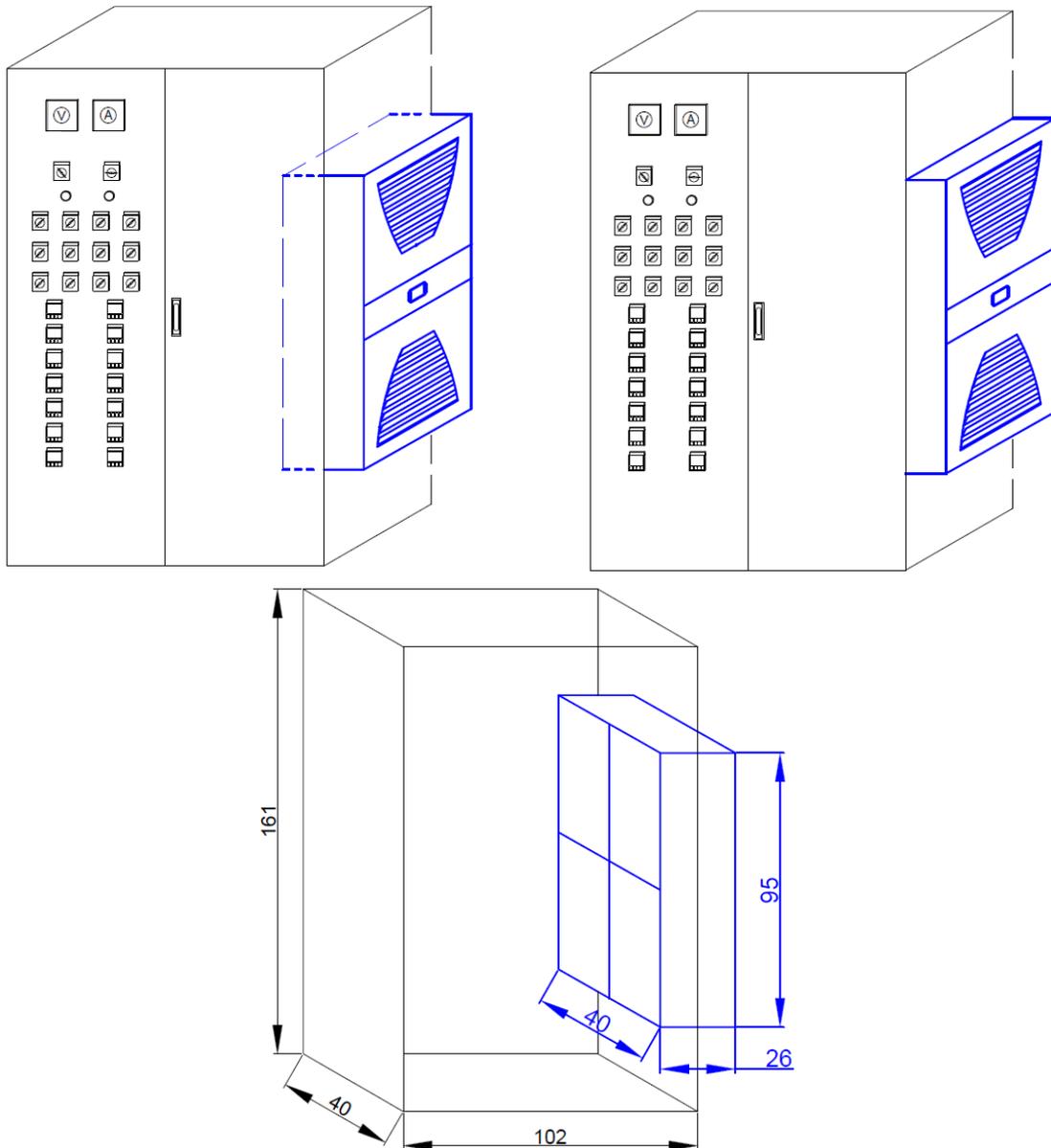


Diagrama 6.2.1. Rittal modelo 3304.500 instalado en el tablero DL2/3 – DL4, vista isométrica

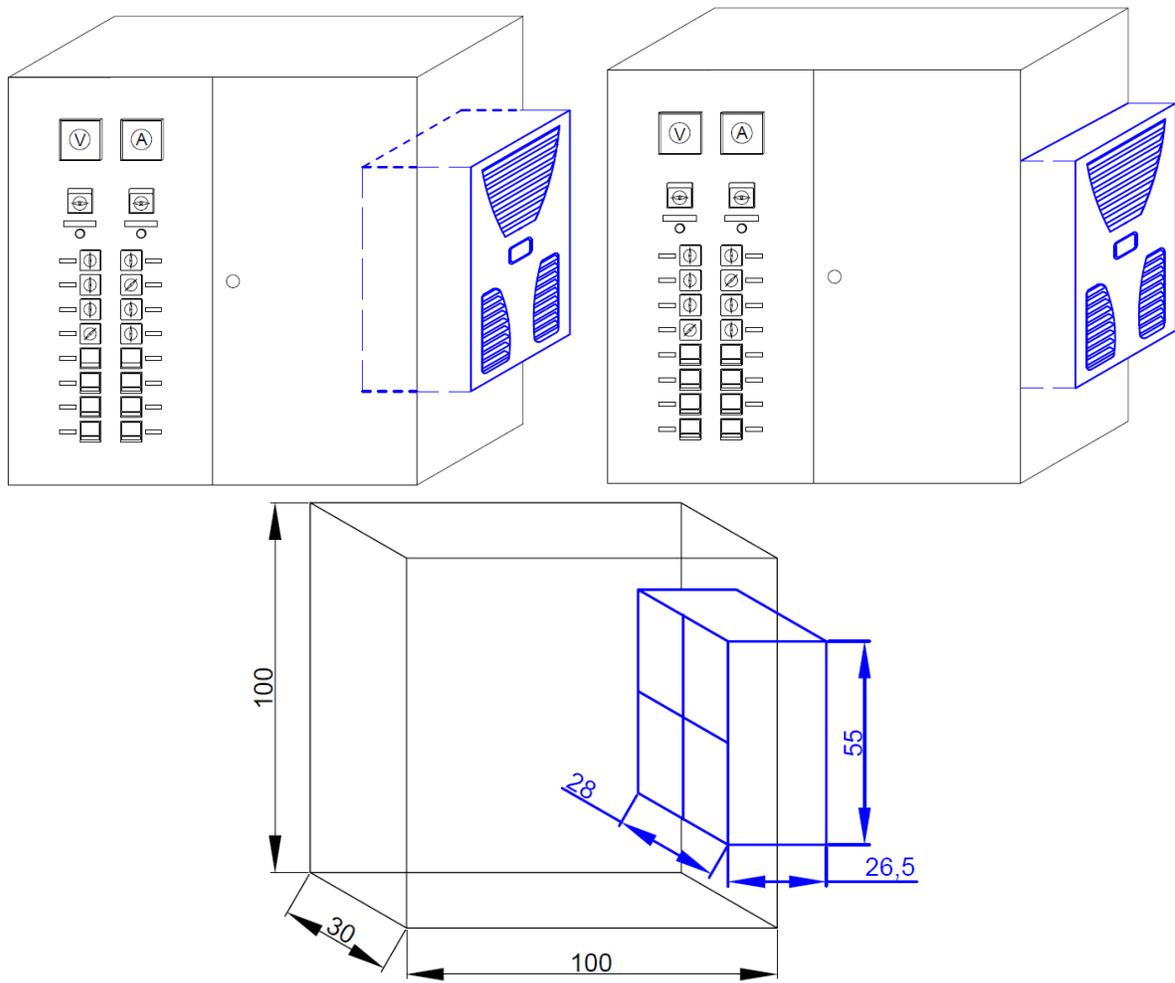


Diagrama 6.2.2. Rittal modelo 3303.500 instalado en el tablero DL01, vista isométrica

6.3. FORMATO DE REVISIÓN MENSUAL

Se ha creado este formato acorde a los manejados en la empresa, con el propósito de llevar a cabo el mantenimiento preventivo de los equipos de enfriamiento que se planean instalar en los tableros eléctricos.

RRT MEDICAL

MANTENIMIENTO PREVENTIVO MENSUAL A EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO DE LOS TABLEROS ELÉCTRICOS

EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO	DL01	DL02/DL03	DL4
1. Filtros - Limpieza			
2. Display - Funcionamiento			
3. Control de temperatura- Funcionamiento			
4. Instalacion eléctrica - Funcionamiento			
5. Revision de gas refrigerante			
6. Carcasa - Limpieza			
7. Serpentin - Limpieza			
8. Ventilador - Limpieza			

Imagen 6.3.1. Formato de mantenimiento preventivo mensual

CONCLUSIONES

Es de suma importancia recordar que un tablero eléctrico es el encargado de proteger y distribuir todos aquellos circuitos eléctricos que estén instalados dentro de un edificio o sistema eléctrico, en este caso, una línea de producción, por lo que resulta de suma importancia brindarle mantenimiento y corroborar que todos sus componentes estén en buen estado y en las condiciones óptimas de ambiente y temperatura para evitar un incidente que ponga en riesgo el tablero y la integridad física de las personas alrededor que estén dentro de la instalación. Por esa razón, en ambientes extremos donde las temperaturas y las condiciones de trabajo no son las óptimas para que un tablero eléctrico pueda ser operado, es necesario contrarrestar estas limitaciones proponiendo el uso y diseño de sistemas de ventilación o refrigeración para regular la temperatura que disipan todos los componentes internos.

Durante el desarrollo de este proyecto, se recopiló toda la información necesaria debido a la falta de documentos, manuales o fichas técnicas en los archivos de la empresa sobre los tableros eléctricos. Realizamos meticulosas mediciones e investigaciones sobre cada uno de los dispositivos dentro de los tableros. Con estos datos, llevamos a cabo los cálculos pertinentes para seleccionar el equipo y proveedores adecuados a comprar e instalar en dichos tableros e hicimos uso de un software especializado de uno de estos proveedores para facilitar el cálculo de las pérdidas de potencia. Tras un análisis exhaustivo, concluimos que la opción más ideal es adquirir los equipos de Rittal a través del proveedor Mexitrade, debido a su accesibilidad en costos y los servicios adicionales de entrega, instalación y garantía que ofrece.

Los equipos seleccionados pertenecen a la marca Rittal: los modelos SK RTT Refrigerador mural de 500 W para la línea 1, y SK RTT Refrigerador mural de 1000 W para las líneas 2, 3 y 4. Estos modelos fueron elegidos por ser los más adecuados según las especificaciones de tamaño, potencia y calor requeridas.

Actualmente, el costo del mantenimiento correctivo y preventivo asciende a cerca de 20 mil pesos mexicanos MXN al año, dentro del cual están contemplados cableado, así como los dispositivos electromecánicos como relevadores, controladores de temperatura y contactores; estos últimos son los más propensos al desgaste ya que su parte móvil, al estar en constante movimiento, genera fricción y por ende calor entre sus terminales, provocando que estos derritan su aislamiento y causen un accidente eléctrico. Este tipo de incidentes ocurren entre 5 a 6 veces en un lapso de 12 meses en algunas de las líneas.

Con la instalación de estos equipos de enfriamiento, se pretende reducir en un 45% el nivel de temperatura dentro de los gabinetes (una temperatura deseada de alrededor de 25 °C).

A pesar de las circunstancias en la fábrica que impidieron la implementación directa, se diseñó un esquema detallado para la instalación de cada equipo en los tableros. Además, se elaboró un plan de mantenimiento preventivo mensual para los equipos de enfriamiento. Su ejecución según las indicaciones proporcionadas contribuirá significativamente al correcto funcionamiento de los equipos a lo largo del tiempo.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere solicitar nuevamente la cotización a la empresa Mexitrade después de transcurridos 30 días, ya que los precios pueden variar.
- Para garantizar un óptimo funcionamiento de los equipos, se recomienda realizar el mantenimiento preventivo de forma mensual. Esto es especialmente importante debido al entorno caluroso y polvoriento en el que se instalaran, así como a las largas horas de funcionamiento.
- Es preferible instalar los tres equipos simultáneamente. Sin embargo, en caso de no ser posible, se recomienda dar prioridad a la línea que tenga un mayor tiempo de funcionamiento, es decir, la línea doble.
- Es conveniente tener los manuales y fichas técnicas de cada equipo de enfriamiento archivados.
- Antes de poner en marcha el equipo, es importante verificar su funcionamiento.

EXPERIENCIA PERSONAL ADQUIRIDA Y COMPETENCIAS DESARROLLADAS

María Estela Romero Campos

Durante mi periodo de residencias profesionales, considero que he adquirido una valiosa experiencia en el campo de la mecánica y la electricidad, poniendo en práctica los conocimientos adquiridos durante mi etapa universitaria. Trabajar en un entorno de fábrica ha sido sumamente enriquecedor, ya que me ha permitido familiarizarme con diversos aspectos relacionados con mi área de estudio.

Además de llevar a cabo mi proyecto principal, tuve la oportunidad de brindar apoyo en el mantenimiento de diferentes equipos, como máquinas selladoras, probadoras electrónicas, líneas de inmersión, área de lavado y secado. Realicé revisiones periódicas de los equipos de la fábrica y llevé a cabo calibraciones en el área de calidad. Asimismo, desempeñé tareas administrativas dentro del departamento de mantenimiento, lo cual me proporcionó un aprendizaje significativo. La organización y el control de todos los aspectos relacionados resultaron fundamentales para garantizar un desempeño eficiente.

Este proyecto no solo contribuyó a mi desarrollo profesional, sino que también me brindó aprendizajes en otras áreas importantes:

1. Comunicación: Considero que la comunicación es fundamental para el éxito de cualquier proyecto. Mantuve una constante interacción con proveedores de servicios, materiales y equipos, realizando cotizaciones y gestionando las necesidades

del proyecto.

2. Trabajo en equipo: Colaboré estrechamente con otros compañeros de la fábrica, aprendiendo de sus experiencias y mejorando mi desempeño en las tareas asignadas.

3. Liderazgo e iniciativa: Desarrollé habilidades de liderazgo al asumir la responsabilidad de investigar y recopilar información sobre los elementos de los tableros, ya que no contaba con dicha información de antemano. Fui proactiva al buscar diversas fuentes de información y recabar todos los detalles necesarios para el éxito del proyecto.

4. Toma de decisiones: La toma de decisiones fue un aspecto crucial que influyó directamente en el proyecto. Fue necesario comprender el entorno y evaluar las posibles consecuencias para tomar las mejores decisiones en cada situación.

5. Organización y planificación: Estas habilidades resultaron vitales para el desarrollo adecuado de las actividades relacionadas con el proyecto, permitiéndome cumplir con los objetivos establecidos de manera eficiente.

En resumen, mi experiencia profesional durante mis residencias profesionales fue sumamente enriquecedora. Aprendí y apliqué conocimientos en el ámbito mecánico y eléctrico, trabajé en equipo, desarrollé habilidades de comunicación, liderazgo y toma de decisiones, y fortalecí mi capacidad de organización y planificación. Estos aprendizajes han sido fundamentales para mi crecimiento tanto profesional como personal.

Brandon Eduardo Santos Vázquez

Bajo mi perspectiva, considero que tuve una experiencia muy enriquecedora durante mi residencia en RRT Medical poniendo en práctica ciertos conocimientos adquiridos durante la carrera y otras habilidades desarrolladas dentro de la fábrica. Durante gran parte del tiempo de mis residencias, me demostraba a mí mismo de lo que era capaz con las tareas que me eran encomendadas a cumplir, siempre teniendo una actitud proactiva y atenta.

Además, este fue mi primer contacto dentro de un entorno industrial en el que pude observar procesos de manufactura y fabricación, por lo que pude comprender más detalladamente el seguimiento que se le tiene que dar a un producto para poder entregarse en su forma final.

Paralelamente al desarrollo de mi proyecto de residencias profesionales con enfoque en las líneas de inmersión, realicé actividades de mantenimiento a máquinas y zonas estructurales de la fábrica, entre las cuales las más destacadas son las máquinas selladoras, máquinas de probado, hornos de envejecimiento, cabinas de estallamiento y equipo de prueba electrolítica. El haber realizado mantenimiento de primera mano a dichas máquinas me ayudó a comprender su funcionamiento, así como también a poder identificar los diferentes elementos que las conforman; esto hizo concordancia con lo aprendido durante los últimos semestres de la carrera, concretamente con las materias de especialidad.

Además de lo anterior, mi periodo dentro de esta empresa sin duda conlleva un gran valor curricular que me beneficiará a largo plazo cuando esté en busca de ofertas

laborales afines a mi área de enfoque.

A grandes rasgos, puedo condensar mis logros obtenidos y competencias realizadas:

1. Entendimiento del entorno: comprendí la importancia de los procesos que se llevan a cabo en una fábrica, desde los más generales hasta los más específicos y cómo estos tienen una secuencia que seguir por lo que todos y cada uno de ellos son importantes de realizar, y que, debido a esto, se pueden encontrar y solucionar problemas haciendo un seguimiento y análisis enfocándose en una parte de dichos procesos.
2. Trabajo en equipo y organización: Valoré la participación en conjunto con otros compañeros que son importantes y el cómo, para realizar una tarea, es mejor delegar responsabilidades para poder aprovechar los recursos que se tienen al alcance. En la mayoría de los casos, el trabajo en equipo es un apoyo fundamental para poder completar un objetivo, en el cual cada uno de los integrantes cumple un factor importante y nadie sobresale por encima de los demás ya que todos realizan actividades en la realización de dicho objetivo. Quiero destacar, especialmente, a los resultados y a la forma de trabajar de mi compañera de tesis ya que, además de habernos sido un complemento importante para el otro durante este periodo, pudimos acordar en cómo elaborar nuestro proyecto de forma fructífera, de igual manera en las otras actividades que nos eran encomendadas dentro de las instalaciones de la fábrica.
3. Realización personal: pude percatarme y comprender lo valioso que soy como parte de un grupo de trabajo y cómo todos dejan parte de ellos mismos en las

actividades que realizan. Pude percibir que tengo cualidades que son importantes a la hora de realizar alguna actividad, como ser analítico, siempre queriendo llegar al fondo de la situación para poder encontrar la falla o el problema a resolver; me considero una persona decisiva a la hora de realizar un trabajo, por lo que puedo discernir qué es la mejor opción para finalizar algún objetivo con eficiencia y eficacia; sumado a esto, me considero alguien fácilmente adaptable que puede acoplarse a diferentes situaciones tomando en cuenta conocimientos previamente adquiridos que puedan ser relacionados con la situación a tratar; además de poder organizar un plan de trabajo en pro de obtener mejores resultados en los objetivos que tengan que alcanzarse.

Todas estas cualidades, por pocas o muchas que sean, pude descubrirlas y/o adquirirlas durante mis residencias profesionales a través del autoconocimiento y el apoyo y el aliento de mis dos compañeros de trabajo que terminaron siendo muy trascendentales a la hora de trabajar en equipo.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Anchordo, D. (abril de 2023). *Estándares de protección "IP" y "NEMA"*. SYSCOM:

<https://soporte.syscom.mx/es/articles/3603835-estandares-de-proteccion-ip-y-nema>

Andrés. (2023). *Principios básicos de diseño para centro de control de motores*.

Electricaplicada: <https://www.electricaplicada.com/principios-diseno-centro-control-motores/#conocimientos-basicos-de-control-de-motores>

Blog de Risoul. (25 de diciembre de 2020). *¿Qué es un Centro de Control de Motores*

(CCM) y por qué deberías de adquirir uno? Risoul: *¿Qué es un Centro de Control de Motores (CCM) y por qué deberías de adquirir uno?*

EATON. (2023). *Control de clima de gabinetes*. EATON:

<https://www.eaton.com/mx/es-mx/catalog/enclosures/enclosure-climate-control.html>

Enríquez Harper, G. (2005). Fundamentos de tableros eléctricos. En G. Enríquez

Harper, *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales* (p. 518). Limusa Noriega Editores.

García Flores, V. (14 de julio de 2020). *Gestión térmica de gabinetes eléctricos:*

objetivos y sistemas involucrados. CDT:
<https://climasdetablero.com.mx/gestion-termica-de-gabinetes-electricos-objetivos-y-sistemas-involucrados/>

Global Automation. (1 de marzo de 2023). *Enfriadores de Tableros*. Global Automation:
<https://globalautomation.com.co/enfriadores-de-tableros-electricos/>

Global Automation. (1 de marzo de 2023). *Sistema de Refrigeración*. Global
Automation: <https://globalautomation.com.co/calculos-sistema-de-refrigeracion-de-gabinetes-por-medio-de-tubo-vortex/>

Mariano. (1 de junio de 2012). *Fabricación de condones*. Tecnología de los plásticos:
<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/06/fabricacion-de-condones.html>

Richter Rubber Technology. (2020). *Condom Production Machines*. Richter Rubber
Technology Sdn. Bhd.: <https://www.myrrt.de/blank-8-1>

Rittal Disprel, S.A. (2022). *Grados de protección NEMA*. Rittal:
https://www.rittal.com/es-es/content/es/support/technischeswissen/qminformiert/schutzarten/nema/nema_1.jsp

Rittal, S.A. (2023). *9 COLORES PARA LA SEGURIDAD DE TUS CUADROS ELÉCTRICOS*. Rittal: <https://expert.rittal.es/9-colores-para-tus-cuadros-electricos>

Rocío, B. (26 de 05 de 2014). *De la extracción del látex a las pruebas de calidad: así se hace un preservativo*. El Confidencial:
https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-05-26/de-la-extraccion-del-latex-a-las-pruebas-de-calidad-asi-se-hace-un-preservativo_135797/

Siemens. (sf). *Centro de control de motores 8PX2000*. Siemens:
<https://siemensmexico.com.mx/productos/tableros-electricos/centro-de-control-de-motores-8px2000.html>

Soto, O. (16 de julio de 2019). *Enfriamiento de gabinetes eléctricos, Tecnologías disponibles*. PROCOEN: <https://procoen.com/enfriamiento-de-gabinetes-electricos-tecnologias-disponibles/>

Tec Electrónica S.A. de C.V. (s.f.). *Estándares de protección "IP" y "NEMA"* . BIT:
https://www.tec-mex.com.mx/promos/bit/bit0902_ip.htm

Today Condoms. (julio de 2009). *Fabricación del condón*. Today Condoms:
<https://www.today.com.co/el-condon/fabricacion-del-condon/>