

Diseño, instalación y puesta en marcha de un sistema de refrigeración industrial para supermercados D1 en la ciudad de Neiva-Huila.

Jairo Esteban Diaz Hernandez

Asesor

Pedro Torres Silva

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI
Tecnología en Automatización en el Electrónica

2024

Resumen

El desarrollo propuesto se enfoca en el diseño, instalación y puesta en marcha de un sistema de refrigeración industrial para los supermercados D1 en la ciudad de Neiva-Huila. El proyecto surge en respuesta a la necesidad de expandir la capacidad de almacenamiento y exhibición de productos refrigerados para atender la creciente demanda y diversificar la oferta de los supermercados D1 Centro en Neiva. El objetivo principal es desarrollar un sistema de refrigeración que optimice la eficiencia energética, reduzca los costos operativos y contribuya a la sostenibilidad ambiental. Para lograr este objetivo, se lleva a cabo un estudio detallado de los componentes fundamentales en los sistemas de refrigeración, incluyendo compresores, condensadores, evaporadores, válvulas de expansión, filtros deshidratadores, separadores de aceite, entre otros. Se realiza un análisis exhaustivo de cada componente, considerando su función, características y aplicaciones específicas. Además, se exploran casos de estudio y ejemplos de aplicaciones reales para comprender mejor su implementación en sistemas de refrigeración industrial. El diseño del sistema se basa en las mejores prácticas y tecnologías disponibles en el mercado, con un enfoque en la eficiencia energética y la sostenibilidad. Se llevan a cabo pruebas experimentales y ajustes finos para garantizar el funcionamiento óptimo del sistema. Se espera que este proyecto no solo resuelva los desafíos actuales en términos de capacidad de refrigeración y exhibición de productos, sino que también establezca un nuevo estándar en la industria, posicionando a los supermercados D1 Centro como líderes en sostenibilidad y optimización energética.

Palabras clave: Automatización, refrigeración industrial, controladores.

Tabla de Contenido

Introducción	7
Definición del Problema	9
Formulación del Problema	10
Descripción del Problema	11
Justificación	14
Objetivos	16
Aplicaciones de los Sistemas de Refrigeración	17
Refrigeración Industrial	27
Diseño Metodológico	30
Componentes del Sistema de Refrigeración	33
Resultados y Discusión	55
Conclusiones	63

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Circuito básico de refrigeración.</i>	21
Figura 2 <i>Clasificación de los compresores</i>	23
Figura 3 <i>Tipos de compresores.</i>	24
Figura 4 <i>Compresores instalados.</i>	27
Figura 5 <i>Etapas del desarrollo del proyecto.</i>	32
Figura 6 <i>Diagrama de bloques del sistema de refrigeración</i>	33
Figura 7 <i>Neveras tipo exhibición</i>	34
Figura 8 <i>El Sporlan SA-13U</i>	36
Figura 9 <i>High Pressure Cutout Control.</i>	37
Figura 10 <i>Válvula de expansión electrónica AKVP.</i>	39
Figura 11 <i>Sistema de control de la válvula de expansión</i>	39
Figura 12 <i>Diagrama eléctrico de control de la válvula</i>	40
Figura 13 <i>Accumulator</i>	41
Figura 14 <i>Separador de aceite</i>	43
Figura 15 <i>Isométrico de tubería y nevera.</i>	44
Figura 16 <i>Danfoss AK-CC55 Controlador</i>	45
Figura 17 <i>Controlador MultiCoil.</i>	46
Figura 18 <i>Funcionamiento mediante ajuste del AK-UI55</i>	47
Figura 19 <i>Control de temperatura</i>	49
Figura 20 <i>Sensor de temperatura pt-1000</i>	50
Figura 21 <i>Sistema de comunicación Dixell Web 300</i>	51
Figura 22 <i>Esquemático del tablero de control</i>	52

Figura 23 <i>Control de potencia de los compresores</i>	55
Figura 24 <i>Prueba de presión y temperatura en compresor #1 y #2</i>	57
Figura 25 <i>Consumo de corriente compresor #1.</i>	59
Figura 26 <i>Consumo de corriente compresor #2.</i>	60
Figura 27 <i>Monitoreo remoto de la temperatura.</i>	61
Figura 28 <i>Temperatura instantánea registrada en el controlador</i>	61
Figura 29 <i>Control de Temperatura en neveras.</i>	62
Figura 30 <i>Monitoreo en tiempo real de temperatura de neveras.</i>	62

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Funcionamiento y Operación AK CC55</i>	48
Tabla 2 <i>Datos eléctricos compresor #1.</i>	58
Tabla 3 <i>Datos eléctricos compresor #2</i>	58
Tabla 4 <i>Datos eléctricos compresor #3</i>	59

Introducción

La importancia del ahorro energético se ha vuelto un tema crucial a nivel mundial, requiriendo la participación de diversos sectores como lo económico, político y educativo. En este contexto, el uso responsable de la energía y la implementación de tecnología de vanguardia en el diseño de sistemas y componentes son elementos clave para lograr un consumo eficiente. En este trabajo, se aborda específicamente el valor e impacto del ahorro y la eficiencia energética en los sistemas de refrigeración industrial, proponiendo un desarrollo para los supermercados D1 en la sede Centro de la ciudad de Neiva.

El objetivo principal radica en el diseño de componentes que permitan el control de la temperatura en sistemas de refrigeración industrial, no solo para optimizar la eficiencia energética, sino también para reducir significativamente los costos operativos. Este sistema de refrigeración se compone de varios subsistemas, entre ellos el sistema eléctrico, que juega un papel fundamental en su funcionamiento.

Además del diseño de componentes, el proyecto contempla la realización de pruebas experimentales, la toma de datos, así como la calibración y ajuste de los sistemas. Estas pruebas no solo tienen como objetivo identificar las configuraciones eléctricas más eficientes, sino también ajustar parámetros en tiempo real. Este enfoque iterativo garantiza que la solución final sea óptima y se adapte completamente a las necesidades específicas de los supermercados D1 en Neiva.

Con base en los resultados de las pruebas experimentales, se validará la solución y configuración más eficiente, con la expectativa de que esta propuesta no solo resuelva los desafíos actuales en términos de costos operativos y consumo energético, sino que también

establezca un nuevo estándar en la industria, posicionando a los supermercados D1 Centro como líderes en sostenibilidad y optimización energética.

Definición del Problema

Antecedentes del Problema

Los supermercados D1 Centro en Neiva se encuentran inmersos en un entorno comercial dinámico y competitivo, caracterizado por la constante evolución de las demandas y expectativas de los consumidores. En los últimos años, se ha observado un aumento significativo en la demanda de productos refrigerados debido a cambios en los patrones de consumo, el crecimiento poblacional y la búsqueda de opciones convenientes y frescas por parte de los clientes.

Esta creciente demanda ha ejercido presión sobre los supermercados D1 Centro en Neiva para expandir su capacidad de almacenamiento y exhibición de productos refrigerados, con el fin de satisfacer las necesidades del mercado y mantener su competitividad. En respuesta a este desafío, la administración de los supermercados D1 Centro ha reconocido la necesidad urgente de instalar nuevas neveras y sistemas de control de temperatura para optimizar la conservación y presentación de los productos refrigerados.

Sin embargo, la implementación de esta expansión no está exenta de desafíos. La instalación de un considerable número de nuevas unidades de refrigeración implica una serie de consideraciones técnicas, logísticas y financieras que deben ser abordadas de manera integral. Estos desafíos incluyen aspectos como la eficiencia energética, la gestión de recursos, el diseño eléctrico y la sostenibilidad ambiental.

En este sentido, es crucial reconocer la importancia de encontrar soluciones prácticas y eficientes que no solo aborden la demanda inmediata de capacidad adicional, sino que también establezcan un marco sólido para el crecimiento sostenible y la competitividad a largo plazo de los supermercados D1 Centro en Neiva

Formulación del Problema

El desafío actual que enfrentan los supermercados D1 Centro en Neiva-Huila reside en la necesidad de expandir su capacidad para conservar y exhibir productos refrigerados, con el fin de satisfacer la creciente demanda y diversificar su oferta. Sin embargo, esta expansión plantea desafíos específicos que deben ser abordados integralmente para garantizar el éxito y la eficiencia operativa del proyecto. En este contexto, se plantea la siguiente formulación del problema: ¿Cómo diseñar, instalar y poner en marcha un sistema de refrigeración industrial para los supermercados D1 en la ciudad de Neiva-Huila, de manera que permita reducir los costos operativos asociados al traslado de mercancía y disminuir el consumo energético en comparación con los sistemas de refrigeración convencionales?

Descripción del Problema

Los supermercados D1 Centro en Neiva-Huila se encuentran actualmente en una etapa crucial de expansión para satisfacer la creciente demanda y diversificar su oferta de productos refrigerados. Esta expansión implica la instalación de un número considerable de nuevas unidades de refrigeración, lo que plantea desafíos significativos en términos de eficiencia energética, gestión de recursos y diseño eléctrico.

El principal desafío radica en encontrar soluciones integrales que no solo aborden la demanda inmediata de capacidad adicional, sino que también sean sostenibles, energéticamente eficientes y adaptables a futuras expansiones. La instalación de nuevas neveras y sistemas de control de temperatura debe realizarse sin comprometer la sostenibilidad ambiental y considerando la optimización de costos operativos a largo plazo.

Además, se requiere una atención especial en la reducción de los costos operativos asociados al traslado de la mercancía y en la disminución del consumo energético en comparación con los sistemas de refrigeración convencionales. Esto implica la necesidad de diseñar, instalar y poner en marcha un sistema de refrigeración industrial que sea eficiente en términos de consumo energético y rentable en cuanto a los costos operativos, sin comprometer la calidad y frescura de los productos refrigerados.

Antecedentes del Proyecto

Éxito WOW instaló en el año 2023 un innovador sistema de retrofit de frío instalado por el equipo de GreenYellow Colombia, con una adopción del 100 por ciento de refrigerantes naturales CO2 y gas natural propano en todas las neveras del almacén. Más allá de la renovación del refrigerante, esta transformadora solución desencadena una estrategia completa de eficiencia

energética, optimizando el rendimiento de los sistemas de frío y reduciendo significativamente la huella de carbono de esta manera ayudando al planeta con soluciones tangibles y eficientes.

Al eliminar por completo el refrigerante R22 anterior hay una reducción de la huella de carbono y en la contribución a la mitigación del cambio climático. Siendo una solución efectiva que acelerará el proceso de recambio de refrigerantes. Este avanzado modelo se refleja en los resultados obtenidos en el Éxito WOW Del Este, quienes experimentarán un ahorro energético equivalente a 68,08 toneladas de CO₂eq anuales. Para poner en perspectiva esta contribución ambiental, es comparable a la siembra de más de 325 árboles nuevos. Estas soluciones se combinan con la adopción de energías renovable en sus instalaciones

El sector del frío industrial desempeña un papel fundamental en el abastecimiento de alimentos en nuestro país; sin embargo, también es consciente de los desafíos climáticos que enfrentamos y de la necesidad de tomar medidas para mitigarlos, implementando proyectos de fuentes de energías renovables y de eficiencia energética.

Lo que permiten a las empresas disminuir su tarifa de energía, obteniendo beneficios económicos, ambientales y reputacionales.

Gracias a la colaboración entre la industria frigorífica y la multinacional francesa se está promoviendo un cambio positivo hacia un modelo más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, a través de las siguientes soluciones: Renovación tecnológica o instalación de sistemas de bajo impacto ambiental (Servicios Energéticos Ecoeficientes)

En lugar de utilizar refrigerantes sintéticos como los freones, se promueve el uso de refrigerantes naturales como el CO₂, el amoníaco y el propano. Estos refrigerantes naturales tienen un impacto significativo en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, fomentando así una transición hacia un modelo energético más sostenible. Además, estas

tecnologías más eficientes permiten disminuir el consumo de energía, brindando beneficios tanto para el medio ambiente como para la eficiencia energética.

Justificación

El presente proyecto se fundamenta en la aplicación de teorías y conceptos fundamentales de técnicas de control, instrumentación industrial, sensores y diseño de sistemas industriales para la implementación de un sistema de refrigeración industrial en los almacenes D1 ubicados en el sector centro de Neiva.

La instalación de cuatro neveras y un cuarto frío, junto con el cálculo eléctrico y mecánico de acuerdo con los parámetros y características de los productos a refrigerar o congelar, representa una oportunidad para aplicar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos en el ámbito de la ingeniería. La utilización de controladores electrónicos en los cuartos fríos y las neveras permitirá una dosificación electrónica del líquido refrigerante en el evaporador, lo que posibilitará el control preciso de la temperatura y otras funcionalidades, como el ciclo de deshielo.

La implementación de un sistema de refrigeración industrial en los supermercados D1 de Neiva, Huila, responde a la necesidad imperativa de optimizar tanto la eficiencia operativa como la sostenibilidad ambiental de estos establecimientos. En un contexto donde el consumo energético representa una parte significativa de los costos operativos, la adopción de tecnologías que permitan reducir este consumo se vuelve esencial.

Además de mejorar la eficiencia energética, la implementación de este sistema tiene un impacto directo en la calidad y frescura de los productos ofrecidos en los supermercados. La capacidad de mantener una temperatura óptima en las áreas de refrigeración y congelación garantiza la adecuada conservación de los alimentos perecederos, prolongando su vida útil y reduciendo el desperdicio. Esto no solo beneficia a la empresa en términos de costos operativos y

reputación, sino que también contribuye a abordar uno de los desafíos más apremiantes de la industria alimentaria: la pérdida y desperdicio de alimentos.

Finalmente, la inversión en tecnologías de refrigeración eficientes proporciona beneficios a corto y largo plazo. Además de reducir los costos operativos, establece una base sólida para futuras expansiones y crecimiento. Al adoptar sistemas y prácticas que promuevan la eficiencia energética desde el principio, los supermercados D1 en Neiva estarán mejor preparados para enfrentar los desafíos y demandas del mercado en constante evolución, asegurando su competitividad a largo plazo en la industria minorista.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar eficazmente un sistema de expansión de capacidad en los supermercados D1 Centro en Neiva, enfocado en la instalación de nuevas unidades de refrigeración para la conservación y exhibición de productos, garantizando eficiencia operativa, sostenibilidad y adaptabilidad a futuras expansiones.

Objetivo Específicos

Desarrollar un diseño eficiente para la disposición de las nuevas unidades de refrigeración, maximizando el uso del espacio disponible y garantizando la seguridad del sistema.

Evaluar y elegir los controladores más adecuados para el sistema de refrigeración, priorizando la eficiencia energética y la funcionalidad.

Instalar el sistema de control y módulos de neveras, unidad condensadora y sistema de distribución por tuberías.

Llevar a cabo pruebas exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento del sistema y realizar ajustes finos para optimizar su rendimiento operativo.

Aplicaciones de los Sistemas de Refrigeración

Las aplicaciones más relevantes y emergentes de los sistemas de refrigeración por compresión incluyen:

Data Centers: con el aumento de la demanda de servicios en la nube y el almacenamiento de datos, los centros de datos necesitan sistemas de refrigeración eficientes para mantener los servidores y equipos electrónicos funcionando dentro de rangos de temperatura seguros.

Refrigeración Solar: la integración de sistemas de refrigeración por compresión con tecnologías solares permite la refrigeración de edificios, procesos industriales y otras aplicaciones utilizando energía renovable, lo que reduce la dependencia de combustibles fósiles y disminuye el impacto ambiental.

Refrigeración Médica: en la conservación de medicamentos, vacunas y muestras biológicas sensibles a la temperatura, los sistemas de refrigeración por compresión desempeñan un papel crucial para garantizar la eficacia y la seguridad de estos productos.

Refrigeración para Vehículos Eléctricos: con la creciente adopción de vehículos eléctricos, se están desarrollando sistemas de refrigeración por compresión específicamente diseñados para mantener las baterías y otros componentes a temperaturas óptimas, lo que contribuye a una mayor eficiencia y vida útil de la batería.

Refrigeración de almacenamiento de energía: en aplicaciones de almacenamiento de energía, como baterías de ion litio y sistemas de almacenamiento térmico, los sistemas de refrigeración por compresión son fundamentales para mantener la integridad y la eficiencia de estos sistemas durante la carga y descarga de energía.

Refrigeración de Procesos Industriales: en industrias como la manufacturera, química y petroquímica, donde se requiere refrigeración para procesos específicos, los sistemas de

refrigeración por compresión son esenciales para mantener temperaturas controladas y garantizar la calidad y seguridad del producto final.

Refrigeración de Alimentos en la Cadena de Suministro: para garantizar la frescura y la seguridad de los alimentos durante la cadena de suministro, desde la producción hasta la distribución y el almacenamiento, se utilizan sistemas de refrigeración por compresión en camiones refrigerados, contenedores y almacenes para mantener las condiciones óptimas de temperatura.

Integración de Tecnologías en la Refrigeración Industrial

Sistemas de generación de frío con energía solar: a integración de sistemas de generación de frío con energía solar es otra tendencia en la tecnología de enfriamiento. Estos sistemas aprovechan la energía solar para generar frío, utilizando paneles solares fotovoltaicos para alimentar los equipos de refrigeración.

Esta opción no solo es sostenible y reduce la dependencia de fuentes de energía convencionales, sino que también ofrece ahorros significativos en términos de costos de operación y mantenimiento.

Integración de dispositivos de refrigeración y análisis de datos: la integración de dispositivos de refrigeración con análisis de datos es otro avance clave en la tecnología de enfriamiento.

Mediante el uso del Internet de las cosas (IoT) y la inteligencia artificial (AI), se pueden recopilar datos sobre el funcionamiento de los sistemas de enfriamiento y analizarlos para optimizar el rendimiento.

Esta integración permite un mayor control y monitoreo de los equipos, evitando pérdidas económicas y mejorando la eficiencia energética en sectores como la industria farmacéutica y alimentaria.

Internet de las cosas (IoT) en la industria de la refrigeración: Interconexión de dispositivos: El uso de sensores conectados a través de IoT permite recopilar datos precisos sobre el funcionamiento de los sistemas de enfriamiento. Estos datos facilitan el monitoreo constante y en tiempo real, lo que permite identificar posibles problemas y optimizar el rendimiento de los equipos.

Optimización del consumo de energía: Gracias al IoT, es posible ajustar de forma automática los parámetros de refrigeración en función de la demanda real, evitando el desperdicio de energía y optimizando la eficiencia.

Control remoto: Mediante la conectividad IoT, los sistemas de refrigeración pueden ser monitoreados y controlados de forma remota, lo que facilita la detección temprana de fallas y la implementación de acciones correctivas sin necesidad de estar físicamente presentes.

Inteligencia artificial (AI) y aprendizaje automático (machine learning): La inteligencia artificial y el aprendizaje automático han revolucionado la industria de la refrigeración al permitir el desarrollo de sistemas más inteligentes y adaptativos. Algunas aplicaciones destacadas son:

Optimización de la eficiencia: Los algoritmos de inteligencia artificial y machine learning pueden analizar grandes volúmenes de datos y encontrar patrones y tendencias que permitan ajustar los parámetros de los sistemas de enfriamiento para maximizar la eficiencia energética.

Mantenimiento predictivo: Gracias al análisis de datos en tiempo real, los sistemas de inteligencia artificial pueden predecir posibles averías o fallos en los equipos de refrigeración, permitiendo tomar medidas preventivas y evitar costosos tiempos de inactividad.

Optimización del ciclo de vida: La inteligencia artificial puede evaluar el desempeño de los equipos de refrigeración a lo largo del tiempo y proporcionar recomendaciones para prolongar su vida útil, reduciendo así los costos de reemplazo y mantenimiento.

Big Data: El análisis de grandes volúmenes de datos (Big Data) permite identificar patrones y tendencias en el funcionamiento de los sistemas de refrigeración, generando conocimientos valiosos para optimizar su rendimiento.

Optimización de la eficiencia energética: La recolección y análisis de datos detallados sobre el consumo de energía y la temperatura de los equipos permiten realizar ajustes precisos para maximizar la eficiencia energética y reducir costos.

Detección de anomalías: El análisis de datos puede ayudar a identificar patrones y comportamientos anómalos en el funcionamiento de los sistemas de refrigeración, lo que permite detectar tempranamente posibles fallas o problemas en el rendimiento.

Planificación y pronóstico: El uso del Big Data permite realizar pronósticos y planificaciones más precisas en la industria de la refrigeración, evitando posibles problemas de capacidad y optimizando la distribución de recursos.

Circuito Básico de Refrigeración

El ciclo básico de refrigeración opera de la siguiente forma: el refrigerante líquido a alta presión es alimentado al tanque receptor a través de la tubería de líquido, pasando por un filtro desecante hacia el instrumento de control, que separa los lados de alta y de baja presión del sistema.

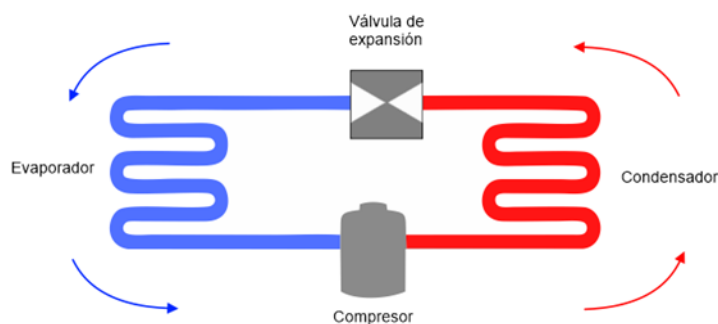
Existen varios instrumentos de control de flujo que pueden emplearse, por ejemplo, la válvula de expansión, que controla la alimentación del refrigerante líquido al evaporador y que, por medio de un pequeño orificio, reduce la presión y la temperatura del refrigerante.

La reducción de presión en el refrigerante líquido provoca que éste hierva o se vaporice, hasta que el refrigerante alcanza la temperatura de saturación correspondiente a la de su presión.

Conforme el refrigerante de baja temperatura pasa a través del evaporador, el calor del elemento a enfriar fluye a través de las tuberías, haciendo que la acción de ebullición continúe hasta que el refrigerante se encuentre totalmente vaporizado.

Figura 1

Circuito básico de refrigeración.



Fuente. Autoría Propia

Hay 4 componentes básicos: el evaporador, el compresor, el condensador y la válvula de expansión o regulador. Y en base a ellos, se realiza el ciclo en 4 etapas:

Expansión: el refrigerante en estado líquido, a alta temperatura y presión, fluye a través del regulador hacia el evaporador. La presión del líquido se reduce a la presión del evaporador cuando el líquido pasa por el regulador, de tal forma que la temperatura de saturación del refrigerante entra en el evaporador y será en este lugar donde disminuirá su temperatura para enfriarse. Una parte del líquido se evapora al pasar por el regulador con el fin de reducir la temperatura del refrigerante líquido hasta la temperatura de evaporización.

Evaporización: en el evaporador el líquido se evapora a una temperatura y presión constante gracias al calor latente suministrado por el refrigerante. La presión se mantiene

constante a pesar de que la temperatura del vapor aumenta debido al sobrecalentamiento. El refrigerante se evapora completamente en el evaporador.

Compresión: por la acción del compresor, el vapor resultante de la evaporación es aspirado por el evaporador hasta la entrada del compresor. La temperatura y la presión del vapor en el compresor aumentará debido a la propia compresión. El vapor de alta temperatura y presión se descarga del compresor en la línea de descarga.

Condensación: el vapor fluye por la línea de descarga hacia el condensador donde libera el calor hacia el exterior. Cuando el vapor libera su calor hacia el aire más frío, su temperatura se reduce a la nueva temperatura de saturación correspondiente a la nueva presión y el vapor se condensa, volviendo al estado líquido. Antes de que el refrigerante alcance el fondo del condensador se condensa todo el vapor y se enfría. El líquido enfriado llega al regulador y está listo para comenzar un nuevo ciclo de refrigeración.

Compresores

un compresor es un dispositivo de flujo mecánico diseñado para aumentar la presión de un gas reduciendo su volumen. El compresor es el componente principal de los sistemas básicos de refrigeración y suele considerarse el «corazón del sistema de refrigeración». Funciona como una bomba para controlar la circulación del refrigerante. El principio básico del funcionamiento del compresor consiste en aspirar un vapor de refrigerante a baja presión y temperatura desde el evaporador y luego comprimirlo a alta presión y temperatura. Por lo tanto, el parámetro teórico característico de los compresores es la relación de compresión, que es la relación entre la presión del gas a la salida del compresor (lado de descarga, p_2) y la presión a la entrada (lado de aspiración, p_1).

$$\xi = \frac{p_2}{p_1}$$

El proceso de compresión varía en función de la tecnología, el tipo y el diseño del compresor. Los compresores generan una cierta cantidad de calor durante su funcionamiento, que debe disiparse para evitar que se sobrecaliente y aumentar así la eficacia de su rendimiento. Los compresores de refrigeración están diseñados para comprimir vapores refrigerantes. Su funcionamiento con el refrigerante en fase líquida puede causar daños en el compresor.

Figura 2

Clasificación de los compresores

COMPRESORES				
Desplazamiento Positivo		Dinámico		
Rotacional	Reciproco	Caudal Axial	Centrífuga	Caudal Mixto
Scroll	Pistón			
Rotativos	Diafragma			
Tornillo				

Fuente. Autoría Propia

Compresores de desplazamiento positivo: los dos tipos principales de compresores de desplazamiento positivo son los alternativos y los rotativos. En estos compresores, el vapor refrigerante se comprime en un espacio cerrado modificando su volumen específico de forma mecánica. El proceso de compresión tiene lugar en una cámara de trabajo cerrada que disminuye durante el ciclo. Los compresores de este grupo pueden utilizar pistones, espirales, tornillos y émbolos rotatorios para transportar un volumen determinado de gas en cada compresión. Una de sus ventajas es que comprimen bien tanto los gases ligeros como los pesados.

Compresores dinámicos: el principio de funcionamiento de los compresores dinámicos consiste en aumentar la energía cinética del vapor refrigerante en el rotor, que luego se transforma para aumentar su presión. El aumento de la presión del gas se produce de forma

continua gracias a la interacción de los elementos móviles (rodete) y los estacionarios (paletas) debidamente formados. La clasificación de los compresores dinámicos se basa en las formas del rotor y las distintas direcciones del flujo.

Durante el ciclo del compresor, el refrigerante convierte su energía cinética en energía potencial. El vapor refrigerante se acelera en los canales interpaletas del rotor, lo que provoca un aumento de la energía cinética, que luego se convierte en un aumento de la energía de presión en el difusor. Estos tipos de compresores se caracterizan por una baja compresión con grandes caudales de refrigerante comprimido. Se distingue entre los tipos de una o varias paletas.

Clasificación de los compresores según la construcción de la carcasa

Para evitar pérdidas de refrigerante durante el funcionamiento a largo plazo, los compresores deben estar equipados con juntas muy eficaces, o incluso no tener ninguna junta ni abertura. Para describir cómo está encerrado el compresor y cómo está situado el accionamiento del motor en relación con el gas o vapor comprimido, podemos distinguir tres tipos de compresores:

Figura 3

Tipos de compresores.



Fuente. Autoría Propia

Estrategias de Control

Las estrategias de control y los algoritmos son los encargados de mantener una variable controlada para operar dentro de rangos aceptables y cumplir las funciones deseadas. En la refrigeración industrial se emplean diferentes técnicas de control de acuerdo con las necesidades.

Controlador de Temperatura On / Off

Un controlador ON/OFF es la forma más simple de control de temperatura. La salida del regulador está encendida o apagada, sin un estado medio. Un controlador de temperatura ON/OFF cambia la salida sólo cuando la temperatura atraviesa el punto de ajuste (Set/Point). Cada vez que la temperatura cruza el punto de ajuste, el estado de la salida cambia, la temperatura del proceso oscila continuamente, entre el punto de ajuste.

En los casos en que este ciclo se produce rápidamente, y para evitar daños a los contactores y válvulas, se añade un diferencial de encendido y apagado, o "histéresis", a las operaciones del controlador de temperatura. Este diferencial requiere que la temperatura exceda del punto de ajuste por una cierta cantidad antes de que se active o desactive de nuevo.

Un diferencial ON/OFF impide que se produzcan cambios rápidos de conmutación en la salida, si los ajustes se producen rápidamente. El control ON/OFF se utiliza generalmente cuando no es necesario un control preciso, en los sistemas que no pueden soportar cambios frecuentes de encendido/apagado, donde la masa del sistema es tan grande que las temperaturas cambian muy lentamente, o para una alarma de temperatura.

Controlador de temperatura proporcional

El control de temperatura proporcional elimina el ciclo asociado del control on-off. Un controlador proporcional disminuye la potencia o el control de inyección del refrigerante al sistema.

Esta dosificación se puede realizar girando el encendido y apagado de salida para intervalos cortos de tiempo. La "proporcionalización de tiempo" varía la relación de tiempo "on" y tiempo "off" para controlar la temperatura. La acción proporcional se produce dentro de una "banda proporcional" en torno a la temperatura objetivo. Fuera de esta banda, el controlador de

temperatura se comporta como una unidad ON/OFF normal, con la salida, ya sea totalmente ON (por debajo de la banda) o totalmente OFF (por encima de la banda).

Si la temperatura está lejos del punto de ajuste, el cierre y el corte variarán en proporción a la diferencia de temperatura. Si la temperatura está por debajo del punto de ajuste, la salida estará ON más tiempo, si la temperatura es demasiado alta, la salida estará OFF predominantemente.

Controlador de Temperatura PID

El tercer tipo de control de temperatura es el PID, que ofrece una combinación del proporcional con control integral y derivativo.

Un controlador de temperatura PID combina el control proporcional con dos ajustes adicionales, que ayuda a la unidad automáticamente a compensar los cambios en el sistema.

Estos ajustes, integral y derivativo, se expresan en unidades basadas en el tiempo, también se les nombra por sus recíprocos, RATE y RESET, respectivamente. Los términos proporcional, integral y derivativo se deben ajustar de manera individual mediante el método prueba y error.

Refrigeración Industrial

La refrigeración industrial se refiere al proceso de enfriamiento de grandes espacios, equipos o productos a escala industrial. Este proceso implica el uso de sistemas de refrigeración especializados, como compresores, evaporadores y condensadores, para mantener temperaturas controladas en entornos industriales como fábricas, almacenes frigoríficos, plantas de procesamiento de alimentos, entre otros. Por ejemplo, en una planta de procesamiento de carne, la refrigeración industrial se utiliza para mantener la carne fresca y segura durante todo el proceso, desde la recepción hasta el empaquetado final.

Diseño e Instalación de Sistemas de Refrigeración

El diseño y la instalación de sistemas de refrigeración comprenden la planificación y ejecución de sistemas de refrigeración para satisfacer las necesidades específicas de un espacio o proceso industrial. Esto incluye la selección de equipos adecuados, la determinación de la disposición óptima de los componentes, el cálculo de cargas térmicas, el diseño de tuberías y conductos, y la instalación de sistemas de control y monitoreo. Por ejemplo, en la construcción de un almacén frigorífico, el diseño y la instalación del sistema de refrigeración implicarían seleccionar el tamaño adecuado del compresor y del evaporador, calcular la capacidad de enfriamiento necesaria y diseñar el sistema de distribución de aire.

Figura 4

Compresores instalados.



Fuente. Autoría Propia

Controladores Electrónicos en Sistemas de Refrigeración

Los controladores electrónicos son dispositivos utilizados para regular y controlar diferentes aspectos de los sistemas de refrigeración, como la temperatura, la presión y el flujo de refrigerante. Estos dispositivos utilizan sensores para medir las condiciones del sistema y activan actuadores para ajustar la operación de los equipos de refrigeración según sea necesario, garantizando un funcionamiento eficiente y preciso del sistema. Por ejemplo, un controlador electrónico de temperatura en un sistema de refrigeración de supermercado puede monitorear constantemente la temperatura ambiente y activar el compresor para mantenerla dentro de un rango preestablecido.

Tipos de Sensores en Sistemas de Refrigeración

En los sistemas de refrigeración se utilizan varios tipos de sensores para medir diferentes variables, como temperatura, presión, humedad y nivel de líquido. Algunos ejemplos comunes de sensores incluyen termistores, termopares, transductores de presión y sensores de nivel. Estos sensores proporcionan datos precisos sobre las condiciones del sistema, que son utilizados por los controladores electrónicos para tomar decisiones de control. Por ejemplo, un sensor de temperatura instalado en el evaporador de un sistema de refrigeración puede monitorear la temperatura del aire y enviar esta información al controlador electrónico para regular el ciclo de funcionamiento del compresor.

Eficiencia Energética en Sistemas de Refrigeración

La eficiencia energética en sistemas de refrigeración se refiere a la capacidad del sistema para producir la misma cantidad de enfriamiento con el menor consumo de energía posible. Esto implica el uso de equipos y tecnologías de alta eficiencia, la optimización de los procesos de operación y mantenimiento, y la implementación de estrategias de control avanzadas. La

eficiencia energética en sistemas de refrigeración es crucial para reducir los costos operativos y minimizar el impacto ambiental asociado con el consumo de energía. Por ejemplo, la instalación de compresores de velocidad variable y el uso de sistemas de recuperación de calor son estrategias comunes para mejorar la eficiencia energética en sistemas de refrigeración industrial.

Diseño Metodológico

El diseño metodológico para el desarrollo de este proyecto sigue un enfoque experimental y mixto, lo que implica la combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas para obtener una comprensión completa del fenómeno en estudio y validar la efectividad del sistema de refrigeración propuesto.

Investigación Exploratoria

La investigación tiene una fase exploratoria inicial para profundizar en la necesidad y justificación de un sistema de refrigeración industrial en el contexto de los supermercados D1 de Neiva. Aquí se identifican las demandas de almacenamiento y exhibición de productos refrigerados y se comprenden los retos de eficiencia energética y sostenibilidad en la industria de supermercados.

Etapas

Recolección: Recopilación de datos sobre el consumo energético actual, costos operativos y capacidad de los sistemas de refrigeración.

Medición: Análisis detallado de la demanda de almacenamiento y las condiciones de operación.

Análisis de datos: Comparación de la información obtenida con los parámetros de eficiencia y sostenibilidad necesarios para los supermercados.

Diseño de Investigación Cualitativo

En este enfoque, se evalúan aspectos cualitativos como la sostenibilidad y el impacto ambiental del nuevo sistema de refrigeración, así como la percepción del personal sobre la facilidad de operación y el mantenimiento del sistema.

Aplicación en el proyecto

Observación: Analizar cómo se relacionan los datos observados en el ambiente de operación y el impacto del sistema.

Conclusiones: Interpretación de la satisfacción del equipo de trabajo y posibles recomendaciones de mejora en la fase operativa.

Diseño de Investigación Cuantitativo

Para el proyecto, el enfoque cuantitativo es esencial en los cálculos de ingeniería, tanto en el diseño eléctrico como en el de refrigeración, y en la medición de consumo energético antes y después de la implementación del sistema.

Aplicación en el proyecto

Medición: Uso de instrumentos para evaluar el consumo de energía, costos de operación y eficiencia de enfriamiento.

Análisis estadístico: Comparación de datos antes y después de la implementación para evaluar la eficiencia y el ahorro energético.

Resultados numéricos: Obtención de datos que permitan calcular la reducción de costos y el impacto del sistema en términos financieros y ambientales.

Diseño de Investigación Experimental

El enfoque experimental se enfoca en observar cómo las variaciones en las unidades de refrigeración afectan factores como el consumo energético y la conservación de productos.

Aplicación en el proyecto

Manipulación de Variables: Ajuste en los parámetros del sistema de refrigeración como la configuración de temperatura y control de deshielo, para observar su impacto en el consumo de energía y en la calidad de refrigeración.

Observación de Efectos: Monitoreo del rendimiento de los productos refrigerados en términos de frescura y vida útil.

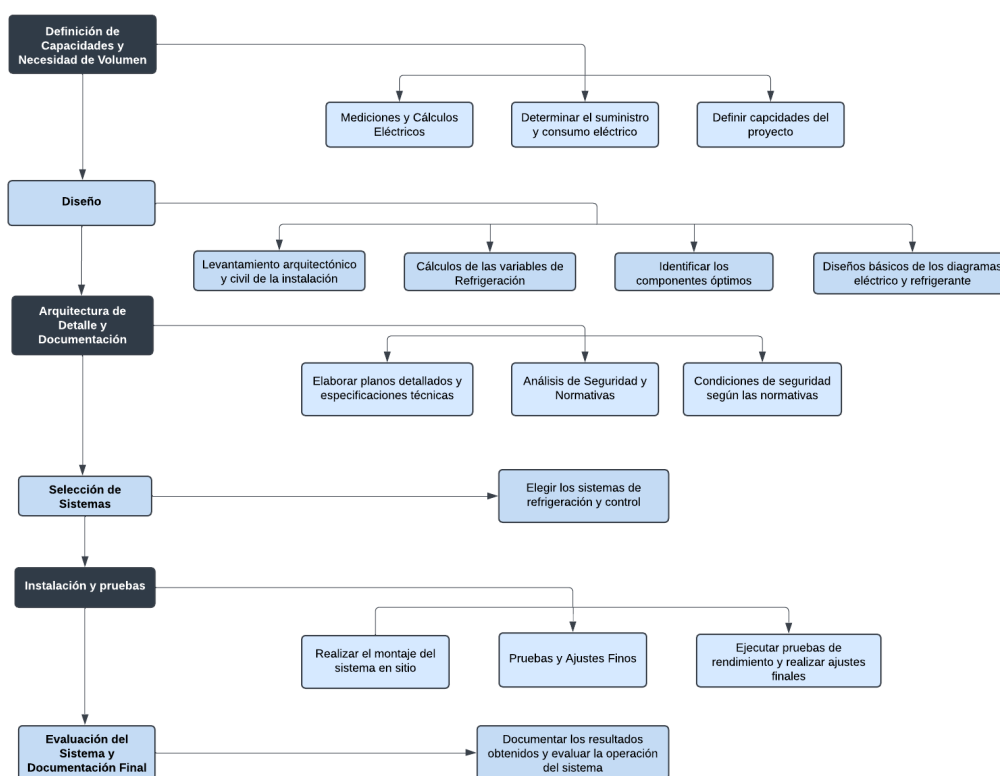
Establecimiento de Causa y Efecto: Validación de cómo un diseño optimizado de refrigeración impacta la sostenibilidad y reduce costos operativos.

Etapas del desarrollo del proyecto

A continuación, se describen las fases o etapas para el desarrollo del proyecto, aplicando los diseños explicados anteriormente.

Figura 5

Etapas del desarrollo del proyecto.



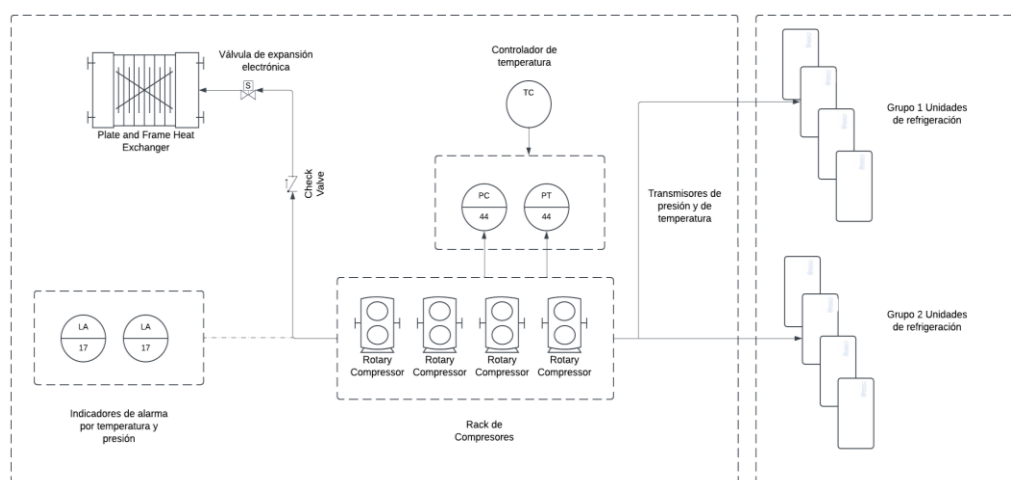
Fuente. Autoría Propia

Componentes del Sistema de Refrigeración

En este capítulo, se describirán detalladamente los componentes que componen el sistema de refrigeración industrial propuesto para los supermercados D1 en la ciudad de Neiva. Cada componente será presentado junto con su función, características principales y consideraciones de diseño relevantes.

Figura 6

Diagrama de bloques del sistema de refrigeración



Fuente. Autoría Propia

Los sistemas de refrigeración dependen de una variedad de componentes fundamentales para su funcionamiento eficiente. En este capítulo, exploraremos en detalle los diferentes componentes esenciales utilizados en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, comprendiendo sus funciones, características y aplicaciones.

Unidades de Refrigeración

En esta sección, se detallarán las unidades de refrigeración que se utilizarán para mantener los productos a temperatura adecuada en el interior del supermercado. Se describirán las características técnicas de las unidades, incluyendo capacidad de enfriamiento, dimensiones,

y tipo de refrigerante utilizado. Además, se discutirá la disposición espacial de las unidades dentro del supermercado para maximizar la eficiencia operativa y minimizar el consumo energético.

Figura 7

Neveras tipo exhibición



Fuente. Autoría Propia

Filtro Secador

La principal finalidad de un filtro secador en un circuito de refrigeración es la de mantener este limpio de sustancias potencialmente peligrosas como el agua, ácido y contaminantes

sólidos. La presencia de humedad en el interior de un sistema de refrigeración puede provocar la corrosión interna de algunos componentes del compresor o la acumulación de hielo en las válvulas de expansión.

Liquid Line Filter Drier EK415S

El filtro secador de línea líquida EK415S de 5/8" es un componente esencial en sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Aquí tienes una descripción detallada de sus características:

Filtración primaria para un uso más efectivo del área superficial del desecante: Este filtro secador utiliza un diseño que prioriza la filtración inicial para maximizar la eficacia del área superficial del desecante, lo que garantiza una eliminación efectiva de partículas y contaminantes del sistema.

Alta capacidad de eliminación de humedad y ácido: Equipado con una capacidad notable para eliminar humedad y ácido del sistema, lo que ayuda a mantener un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil de los componentes.

Conexiones de cobre sólido: Cuenta con conexiones de cobre sólido que ofrecen durabilidad y resistencia a la corrosión, garantizando una conexión segura y confiable en el sistema.

Acabado de pintura en polvo epoxi resistente a la corrosión: Este filtro secador está recubierto con una pintura en polvo epoxi que ofrece una excelente resistencia a la corrosión, lo que lo hace ideal para entornos exigentes y condiciones adversas.

Aprobado para aceites POE de la marca Copeland: Diseñado específicamente para su uso con aceites POE de la marca Copeland, lo que garantiza una compatibilidad óptima y un rendimiento confiable en sistemas que utilizan este tipo de aceite lubricante.

Construcción resistente de carcasa de acero resistente a los golpes: Fabricado con una construcción robusta de carcasa de acero resistente a los golpes, este filtro secador ofrece una protección adicional contra daños mecánicos y garantiza una larga vida útil en condiciones adversas.

Pad de salida de 20 micrones para máxima filtración: Equipado con un pad de salida de 20 micrones, este filtro secador proporciona una filtración máxima para eliminar las partículas más pequeñas y garantizar un rendimiento óptimo del sistema.

Figura 8

El Sporlan SA-13U



Fuente. Autoría Propia

Es una pieza esencial para servicios de HVACR, perfecta para sistemas de aire acondicionado y calefacción. Fabricado con materiales de alta calidad, el Sight Glass es preciso y confiable. El SA-13U tiene una longitud de 3.16 pulgadas y viene con una conexión de 3/8 de pulgada Macho Flare x Tuerca Giratoria. Es increíblemente ligero, con solo 0.5 libras de peso, lo que facilita su instalación y maniobra sobre varios tipos de superficies.

El Sporlan SA-13U está diseñado para su uso en sistemas indicadores de humedad y líquido refrigerante. Permite una descripción precisa de los niveles de líquido con una cámara de vidrio transparente y un indicador de nivel de líquido altamente visible. Esta versatilidad lo convierte en una opción ideal para cualquier persona que necesite un visor de calidad. A pesar de su tamaño pequeño, el producto es increíblemente duradero y puede resistir el uso regular y

condiciones ambientales severas. Con un código UPC de 687472180753, el SA-13U es fácilmente identificable y rastreable.

El Sporlan SA-13U Refrigerant Moisture and Liquid Indicating Sight Glass es la pieza perfecta para sistemas de aire acondicionado y calefacción, proporcionando precisión y confiabilidad en cualquier entorno. Esta pieza de calidad es imprescindible para cualquier persona que necesite una solución de visor precisa y confiable.

Control de Presión

Figura 9

High Pressure Cutout Control.



Fuente. Autoría Propia

Los controles para aplicaciones de alta presión están diseñados principalmente para el control de corte por alta presión, control de presión de cabezal y control de ciclo del ventilador del condensador en aplicaciones de refrigeración comercial y aire acondicionado. Estos controles están disponibles en varios rangos de presión y son compatibles con la mayoría de los refrigerantes comunes. También pueden ser utilizados en otras aplicaciones de fluidos no corrosivos. Los modelos compatibles con amoníaco también están disponibles. Se ofrecen varios valores eléctricos y configuraciones de interruptores diferentes. Los modelos P72 proporcionan

control directo de motores monofásicos de 208-240 voltios de hasta 3 caballos de fuerza, y motores trifásicos de 208-220 voltios de hasta 5 caballos de fuerza.

Características:

Caja y cubierta de acero: Proporcionan una protección resistente y duradera para los componentes internos.

Ajuste de presión calibrado: Muestra una escala de presión visible que permite ajustes completamente ajustables en todo el rango sin necesidad de quitar la cubierta.

Opción de bloqueo de reinicio manual: Proporciona un bloqueo sin tripulación que no puede ser anulado ni reiniciado hasta que la presión regrese al nivel especificado, garantizando una operación segura.

Unidad Condensadora

Se presentará la unidad condensadora, la cual será responsable de disipar el calor generado por el sistema de refrigeración. Se discutirán las diferentes opciones de unidad condensadora disponibles, así como sus características de rendimiento y eficiencia energética. Además, se abordarán las consideraciones de ubicación y ventilación necesarias para garantizar un funcionamiento óptimo de la unidad condensadora.

Válvula de Expansión Electrónica

Para controlar el flujo másico de refrigerante en sus aplicaciones, la industria del aire acondicionado y refrigeración ha utilizado desde sus inicios las tradicionales válvulas de expansión termostáticas. Dado que en la actualidad las demandas y exigencias de los

sistemas de refrigeración están evolucionando, la necesidad de utilizar en dichos sistemas equipos más sofisticados como las válvulas de expansión electrónicas es hoy por hoy casi obligatoria.

Solo este tipo de componentes puede ofrecer el grado de control y precisión necesario para cumplir con estas nuevas exigencias. Las válvulas de expansión electrónicas se comportan simplemente como actuadores en un sistema. Para su correcto funcionamiento requieren de sensores y de sus correspondientes módulos de control

y de alimentación; está diseñada para su implementación en sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor.

Figura 10

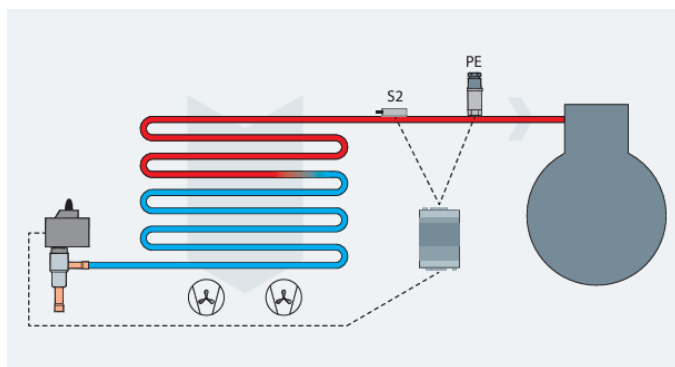
Válvula de expansión electrónica AKVP.



Fuente. www.danfoss.com/

Figura 11

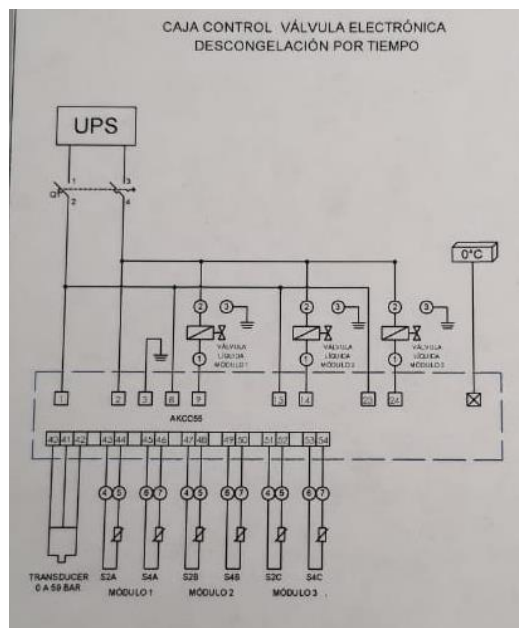
Sistema de control de la válvula de expansión.



Fuente. www.danfoss.com

Figura 12

Diagrama eléctrico de control de la válvula



Fuente. danfoss.com

Su función principal es controlar automáticamente la proporción de flujo de refrigerante, lo que permite que el sistema opere en condiciones óptimas para lograr un enfriamiento o calentamiento rápido, un control preciso de la temperatura y un ahorro de energía. Además de su función principal, la válvula también puede utilizarse como control de presión en la línea de succión, lo que amplía su versatilidad y aplicabilidad en diferentes configuraciones. Es importante destacar que estas válvulas pueden operar de manera bidireccional, lo que significa que pueden controlar el flujo de refrigerante tanto en el modo de enfriamiento como en el de calefacción, lo que las hace adecuadas para una amplia gama de aplicaciones y escenarios.

Filtro Deshidratador

Es un dispositivo que contiene material desecante y material filtrante para remover la humedad y otros contaminantes de un sistema de refrigeración. La aplicación de los desecantes en los sistemas de refrigeración, se hace encapsulándolos en unos dispositivos mecánicos llamados

filtros deshidratadores. Un filtro deshidratador está diseñado para mantener seca la mezcla de refrigerante y aceite, adsorbiendo los contaminantes líquidos disueltos, tales como humedad y ácidos; y también, para retener por medio de filtración todas las partículas sólidas que estén siendo arrastradas a través del sistema por la mezcla de refrigerante aceite. No debe haber ningún misterio asociado con la operación de un filtro deshidratador. Todas las funciones de diseño y compuestos que se integran para fabricar estos dispositivos son conceptos claros y fáciles de entender.

Figura 13

Accumulator



Fuente. <https://www.actrol.com.au/>

El *Emerson Suction Accumulator AAS-51711* con soldadura de 1 3/8" tiene las siguientes dimensiones y características:

Longitud: 435 mm

Tamaño de conexión (Soldadura): 1 3/8"

Capacidad de retención de líquido: 5.4 kg

Peso: 3.8 kg

Características

Prevención de daños al compresor: Evita daños al compresor debido al golpe de refrigerante y aceite.

Retorno positivo de aceite en todas las condiciones nominales: Garantiza el retorno eficiente del aceite en todas las condiciones de operación.

Diseñado para operar a temperaturas tan bajas como -40°C en el evaporador: Adecuado para aplicaciones de baja temperatura.

Bajo caída de presión: Minimiza la resistencia al flujo de gas de succión.

Actúa como un silenciador de succión: Reduce el ruido causado por el flujo de gas de succión.

Temperatura de gas de succión tan baja como -12°C en el acumulador: Permite el funcionamiento eficiente a bajas temperaturas.

Certificado UL a una presión de trabajo de 2070 kPa: Cumple con los estándares de seguridad y calidad.

Diseñado para operar en un rango de temperatura de $+40^{\circ}\text{F}$ a -40°F en el evaporador: Versátil para una variedad de aplicaciones.

Tapón fusible en unidades de mayor diámetro: Proporciona una medida de seguridad adicional.

Conexiones de cobre sólido: Ofrece durabilidad y resistencia a la corrosión.

Acabado de pintura en polvo epoxi resistente a la corrosión: Protege contra la corrosión y prolonga la vida útil.

Deflector de entrada: Dirige el flujo de refrigerante para prevenir salpicaduras internas y ayudar en la recolección de aceite refrigerante.

Separador de Aceite

El gas refrigerante que sale del compresor a través de la línea de descarga contiene siempre una pequeña cantidad de aceite en suspensión. Tan pronto como esta mezcla penetra en el interior del separador de aceite su velocidad cae drásticamente, favoreciendo así el primer paso del proceso de separación. En esta primera fase, la mezcla de gas refrigerante y aceite es sometida a un proceso de filtración (filtro de malla), con el objeto de favorecer la coalescencia de las gotas de aceite y su posterior depósito por gravedad en el fondo del separador.

Figura 14

Separador de aceite



Fuente. <https://www.pecomark.com/>

En la etapa final del proceso el gas refrigerante pasa a través de un filtro situado en la salida del separador que elimina las posibles partículas de aceite residual. El depósito de aceite, que se acumula progresivamente en la parte inferior del separador, va a provocar que una válvula de aguja accionada por un flotador abra para permitir el retorno de dicho aceite al cárter del compresor. Bajo estas condiciones es de esperar que el aceite fluya rápidamente

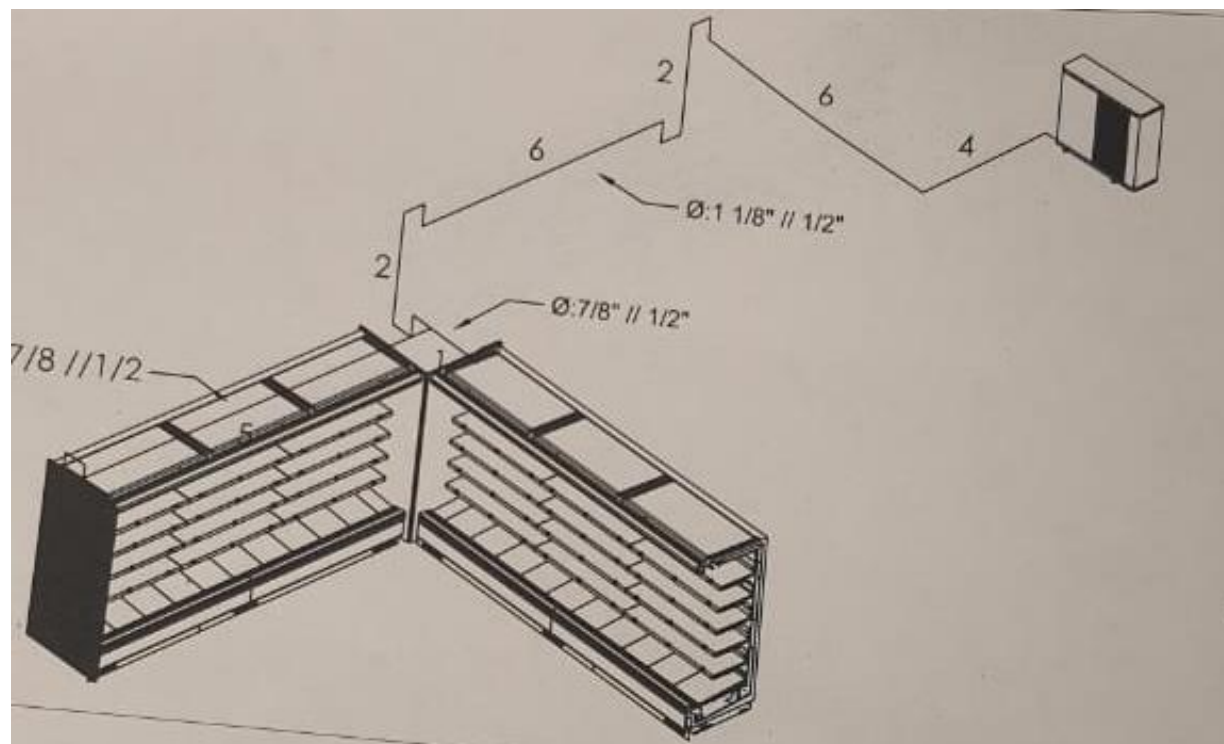
al compresor dada la diferencia de presiones existente entre este y el separador de aceite. Cuando el nivel del depósito de aceite en el separador ha descendido por debajo de un determinado nivel, la válvula de aguja nuevamente se asienta y cierra por completo el paso de aceite y gas a la zona de aspiración del compresor. Una vez el gas ha sido sometido a su proceso de filtraje final en el lado de salida del separador, este abandona dicho componente y prosigue su camino hacia el condensador.

Sistema de Distribución por Tuberías

En esta sección, se describirá el sistema de distribución de tuberías que conecta las unidades de refrigeración con la unidad condensadora. Se discutirá el diseño del sistema de tuberías, incluyendo el material de construcción, diámetro de las tuberías, y disposición espacial.

Figura 15

Isométrico de tubería y nevera.



Fuente. Autoría Propia

Controladores

El AK-CC55 es un control integral de la instalación de refrigeración con una gran flexibilidad para adaptarse a muebles, armarios frigoríficos y cámaras para almacenamiento. Están optimizados para controlar expositores refrigerados o cámaras frigoríficas con válvulas de expansión electrónicas tipo AKV. Además de la salida de la válvula, los controladores poseen una entrada de presión, entradas de sensor de temperatura, entradas digitales, así como una salida analógica y salidas de relé que pueden aplicarse a numerosas funciones de un sistema de refrigeración.

Figura 16

Danfoss AK-CC55 Controlador



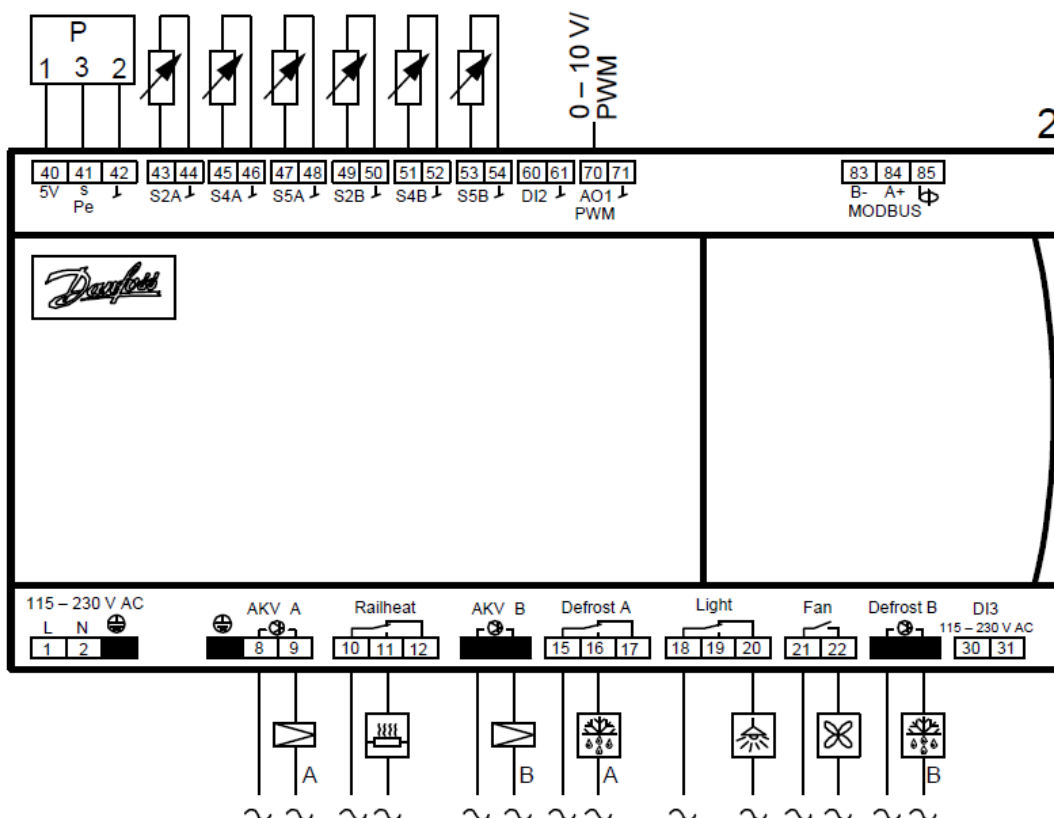
Fuente. www.danfoss.com

La temperatura de la instalación se registra a través de uno o dos sensores de temperatura ubicados en el flujo de aire antes del evaporador y después del evaporador, respectivamente. El ajuste del termostato, el termostato de alarma y la lectura de la pantalla determina la influencia que tienen los valores de los dos sensores de las funciones de control. Se pueden utilizar sensores adicionales para registrar y emitir alarmas de temperatura cerca de los alimentos, registrar la temperatura del evaporador y también como sensores de desescarche.

El AK-CC55 también cuenta con una interfaz de usuario intuitiva que facilita la configuración y monitoreo del sistema de refrigeración. Su conectividad permite la integración con sistemas de gestión remota, lo que posibilita el control y supervisión en tiempo real. Además, el controlador ofrece funciones avanzadas como la optimización del consumo energético y la reducción de la formación de hielo en el evaporador, mejorando la eficiencia operativa y prolongando la vida útil de los componentes del sistema. Gracias a su diseño compacto y versátil, el AK-CC55 se adapta a diversas aplicaciones en el sector de la refrigeración comercial e industrial.

Figura 17

Controlador MultiCoil.



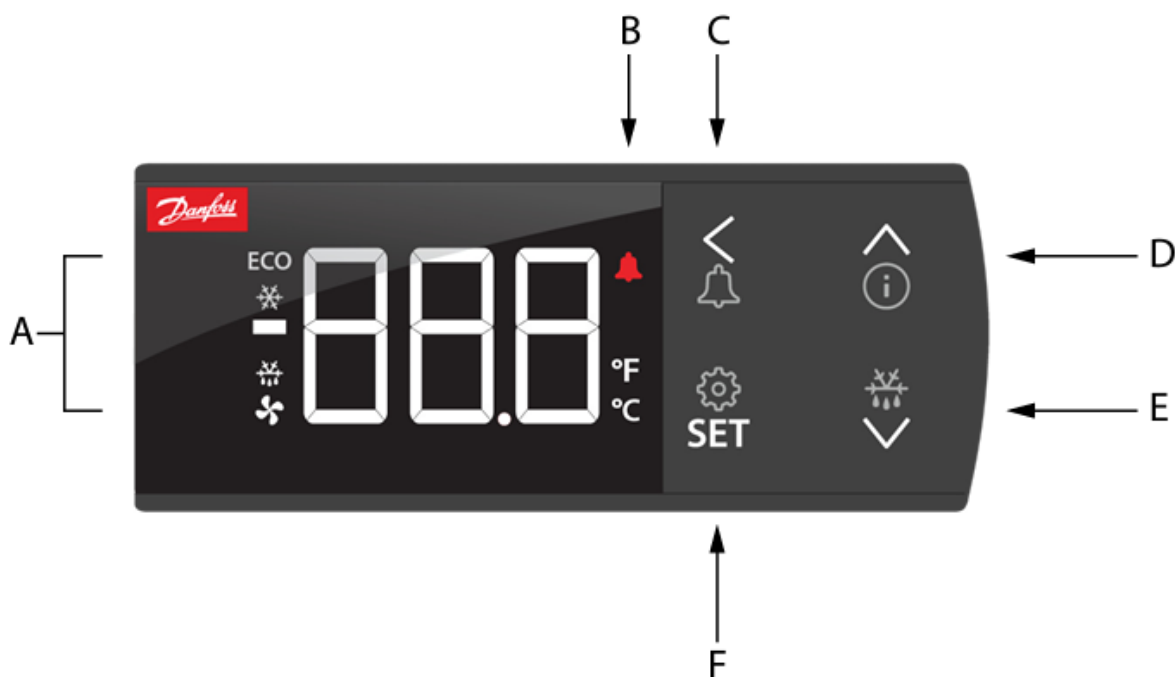
Fuente. Autoría Propia

El dispositivo cuenta con una estructura optimizada para garantizar un rendimiento eficiente en condiciones exigentes. Su diseño incorpora materiales de alta resistencia que permiten una mayor durabilidad y estabilidad operativa. Además, su sistema de control avanzado facilita la integración con plataformas de monitoreo remoto, proporcionando datos en tiempo real para mejorar la precisión y la toma de decisiones en aplicaciones industriales y comerciales.

Asimismo, el dispositivo está diseñado para minimizar el consumo energético sin comprometer su desempeño, lo que lo convierte en una solución eficiente y sostenible. Su capacidad de adaptarse a distintos entornos operativos le permite funcionar de manera óptima en condiciones variables, reduciendo costos de mantenimiento y optimizando la productividad. Además, su interfaz intuitiva y su compatibilidad con diversos protocolos de comunicación lo hacen una opción versátil para una amplia gama de aplicaciones.

Figura 18

Funcionamiento mediante ajuste del AK-UI55



Fuente. www.danfoss.com

Tabla 1*Funcionamiento y Operación AK CC55*

A	Se enciende en caso de: Optimización de energía, refrigeración, desescarche, funcionamiento del ventilador
B	Luces en caso de alarma
C	Pulsación larga (3 segundos) del botón de alarma — El relé de alarma se restablece — Código de alarma mostrado — P. ej., «A1»
D	Una pulsación larga (3 segundos) permite acceder al menú de información «InF» Flecha arriba / Flecha abajo / Flecha a la izquierda: Desplazamiento por el menú y ajuste de valores.
E	Una pulsación larga (3 segundos) iniciará un desescarche; la pantalla muestra «-d-». El desescarche en curso puede detenerse con una pulsación larga.
F	SET: Una pulsación larga (3 segundos) permite acceder al menú «SET». Si el funcionamiento está bloqueado con una contraseña, se mostrará «PS». Introduzca el código. Muestra el ajuste correspondiente a un parámetro elegido / guarda un ajuste modificado. Una pulsación corta permite acceder para introducir el corte del termostato.

Fuente. www.danfoss.com

Funciones: El AK-CC55 tiene numerosas funciones

- Termostato de día/noche conforme al principio ON/OFF o al principio termostato modulante.

- Cambio entre los ajustes de termostato a través de la entrada digital.
- Control adaptativo de recalentamiento.
- Desescarche adaptativo basado en diagnósticos.
- Arranque del desescarche a través de la configuración interna.
- Desescarche por gas caliente, natural o eléctrico.
- Control de la velocidad de los ventiladores cuando el termostato está desconectado.
- Control del antivaho conforme al uso diurno/nocturno o al punto de rocío actual.
- Control de humedad en cámaras para almacenamiento.
- Función de puerta.
- Control de dos compresores.
- Control de la iluminación.
- Termostato de calefacción.
- Entradas de alta precisión:

Figura 19

Control de temperatura



Fuente. Autoría Propia

Sensores de Temperatura

Se presentarán los controladores y sensores de temperatura que se utilizarán para monitorear y controlar el funcionamiento del sistema de refrigeración. Se discutirán las funciones y características de los controladores, así como la ubicación estratégica de los sensores de temperatura dentro del supermercado. Además, se explicará cómo se configurarán los controladores para garantizar un control preciso y eficiente de la temperatura ambiente.

Figura 20

Sensor de temperatura pt-1000



Fuente. www.danfoss.com

Características:

Rango de temperatura -40 a 100 °C

Resistencia 1000 ohmios a 0°C

Cables de PVC

Caja IP67

Punta de sonda de acero inoxidable 18/8

Constante de tiempo de 15s

Sistema de Control y Comunicación

El componente seleccionado para el gobierno del sistema de control fue el Dixell XWEB 300, este es un sistema de gestión de control y monitoreo basado en tecnología de servidor web. Permite la comunicación de datos a través de un navegador web estándar, como Microsoft Explorer® o Netscape®, lo que facilita el acceso desde cualquier ubicación con conexión a Internet. El XWEB 300 contiene todas las páginas web necesarias para el monitoreo y control del sistema de refrigeración, con un sistema operativo Linux que garantiza la eficiencia y seguridad. Además, puede leer, registrar y verificar los datos provenientes de los instrumentos conectados a una línea RS485 utilizando el protocolo Modbus-RTU. Ofrece características como monitoreo y registro de datos, detección de alarmas, comandos interactivos, programación de parámetros, visualización de datos registrados y otras funciones de servicio. La conectividad local se realiza a través de un puerto RS232 para la configuración inicial, pero posteriormente puede conectarse a través de un módem para acceder de forma remota.

Figura 21

Sistema de comunicación Dixell Web 300



Fuente. Autoría Propia

Funciones

Monitoreo y registro de datos: Permite monitorear en tiempo real el funcionamiento de los sistemas de refrigeración, registrando datos como temperaturas, presiones y estados de los dispositivos.

Detección y registro de alarmas: Alerta sobre cualquier anomalía en el sistema, registrando los eventos para su posterior análisis.

Comandos interactivos: Ofrece la posibilidad de enviar comandos a los dispositivos conectados para ajustar configuraciones o realizar acciones específicas.

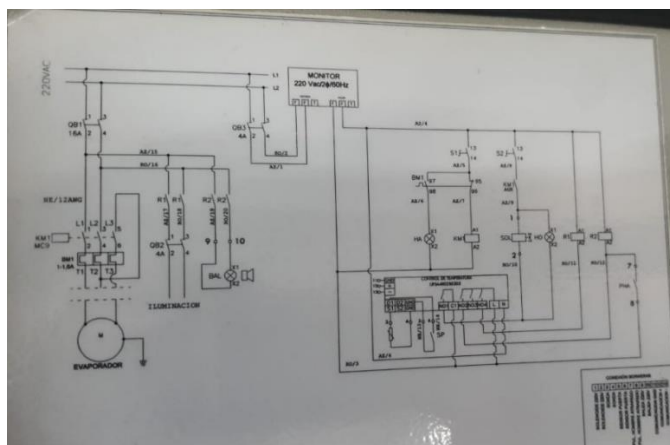
Programación de parámetros: Permite la configuración de parámetros de los dispositivos, adaptando el sistema de refrigeración a las necesidades específicas del usuario.

Visualización de datos registrados: Permite visualizar los datos registrados en forma gráfica o tabular, facilitando el análisis y la toma de decisiones.

Otras funciones de servicio: Incluye diversas herramientas y funciones adicionales para facilitar la gestión y operación del sistema de refrigeración.

Figura 22

Esquemático del tablero de control



Fuente. Autoría Propia

Conexiones

Conexión a la línea RS485: Se conecta a través de la línea RS485 para la comunicación con los dispositivos Modbus, utilizando el protocolo Modbus-RTU para la transferencia de datos.

Conexión local a PC: Dispone de un puerto RS232 para la conexión local a un PC mediante un cable serial estándar, facilitando la configuración inicial del sistema.

Conexión remota: Después de la configuración inicial, el XWEB 300 puede conectarse de forma remota a través de un módem, permitiendo el acceso y control del sistema desde cualquier ubicación.

Características adicionales:

Sistema operativo Linux: Utiliza un sistema operativo Linux que garantiza la estabilidad, seguridad y eficiencia del sistema.

Almacenamiento local: Puede almacenar datos localmente para su posterior análisis y consulta.

Interfaz intuitiva: Cuenta con una interfaz de usuario intuitiva y fácil de usar, que facilita la navegación y la configuración del sistema.

E Dixell XWEB 300 es una solución completa y avanzada para el monitoreo y control de sistemas de refrigeración industrial, con una amplia gama de funciones, conectividad flexible y una interfaz amigable que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones y entornos.

Configuración inicial

Para conectar los instrumentos Modbus a la línea serial, todos los instrumentos deben estar provistos de terminales RS485 directos o de la interfaz "TTL"-RS485 (XJRS485 o XJ485).

La línea RS485 se basa principalmente en dos terminales polarizados. Conservando la secuencia correcta para todos los dispositivos conectados a la línea serial.

Dirección Serial de los Instrumentos

Cada instrumento debe ser definido por su dirección única, para ello se validó el parámetro “Adr”

Resultados y Discusión

En este capítulo, se presentan y discuten los resultados obtenidos del diseño, instalación y puesta en marcha del sistema de refrigeración industrial para los supermercados D1 en Neiva. Los datos recolectados a través de pruebas experimentales y el análisis comparativo se utilizan para evaluar la eficiencia energética y los beneficios económicos del nuevo sistema.

Figura 23

Control de potencia de los compresores



Fuente. Autoría Propia

Diseño Eficiente

Objetivo Específico: Desarrollar un diseño eficiente para la disposición de las nuevas unidades de refrigeración, maximizando el uso del espacio disponible y garantizando la seguridad del sistema.

Para el diseño eficiente del sistema de refrigeración, se realizó un análisis exhaustivo del espacio disponible en los supermercados D1. Con la ayuda de AUTOCAD bajo licencia de

estudiante de la Universidad, se diseñaron los planos isométricos de la instalación, optimizando la ruta o trayectoria de la tubería, ubicación de los compresores lo que permitió visualizar la disposición de las unidades de refrigeración y optimizar su colocación para maximizar el uso del espacio y asegurar el acceso fácil para el mantenimiento y la operación segura.

Con el uso de esta herramienta se estimaron cantidades de materiales, para no incurrir en sobre costos o desperdicio de material. Como resultado se entrega al cliente el plano detallado de la distribución espacial de la tubería, ubicación de los sistemas de control y los actuadores del sistema.

Evaluación y Selección de Dispositivos

Objetivo Específico: Evaluar y elegir los controladores más adecuados para el sistema de refrigeración, priorizando la eficiencia energética y la funcionalidad. Se evaluaron diferentes controladores electrónicos y dispositivos para seleccionar los más adecuados para este proyecto. Los criterios de selección incluyeron la eficiencia energética, la compatibilidad con el sistema de refrigeración, la facilidad de uso y la confiabilidad. Los dispositivos seleccionados incluyen:

Listado de dispositivos seleccionados y sus especificaciones técnicas.

Comparación de diferentes dispositivos y justificativos de selección.

Fotografías de los dispositivos instalados.

Proceso de Instalación

Objetivo Específico: Instalar el sistema de control y módulos de neveras, unidad condensadora y sistema de distribución por tuberías. La instalación del sistema de refrigeración se llevó a cabo en varias fases. Primero, se instalaron las unidades de refrigeración y los módulos de control en sus ubicaciones designadas. Luego, se conectaron las tuberías de distribución y las

unidades condensadoras. Durante el proceso, se siguieron estrictamente los procedimientos de instalación y las normas de seguridad para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema.

Pruebas y Ajustes Finos

Objetivo Específico: Llevar a cabo pruebas exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento del sistema y realizar ajustes finos para optimizar su rendimiento operativo. Una vez completada la instalación, se realizaron pruebas exhaustivas para verificar el correcto funcionamiento del sistema. Estas pruebas incluyeron la medición de voltajes y corrientes en cada compresor, la verificación de la eficiencia energética, y el ajuste de parámetros operativos para optimizar el rendimiento. Las pruebas aseguraron que el sistema funcionara de manera eficiente y confiable bajo diferentes condiciones operativas.

Figura 24

Prueba de presión y temperatura en compresor #1 y #2



Fuente. Autoría Propia

Presentación de resultados

Se presentan los resultados obtenidos en el diseño, instalación y puesta en marcha del sistema de refrigeración industrial para los supermercados D1 en Neiva. Se analizan la eficiencia energética, la optimización del espacio y la selección de dispositivos adecuados para el sistema.

Consumo Energético de los compresores:

Se realizaron mediciones del consumo energético del nuevo sistema de refrigeración. Las siguientes son las observaciones clave:

Tabla 2

Datos eléctricos compresor #1.

Compresor	Fase	Voltaje de Fase	Corriente de
		(V) – Neutro	Fase (A)
1	A	113	18.6
	B	118	19.1
	C	109	20.8

Fuente. Autoría Propia

Tabla 3

Datos eléctricos compresor #2

Compresor	Fase	Voltaje de Fase (V) -	Corriente de Fase
		Neutro	(A)
2	A	112	22.8
	B	112	22.9
	C	107	21.6

Fuente. Autoría Propia

Tabla 4*Datos eléctricos compresor #3*

	Fase	Voltaje de Fase (V) - Neutro	Corriente de Fase (A)
Compresor 3	A	112	18.6
	B	114	19.1
	C	109	19.8

Fuente. Autoría Propia

El sistema de refrigeración consume un promedio de 900 kWh por semana, este consumo se compara favorablemente con sistemas similares de la industria, que suelen consumir entre 1000 y 1200 kWh por semana.

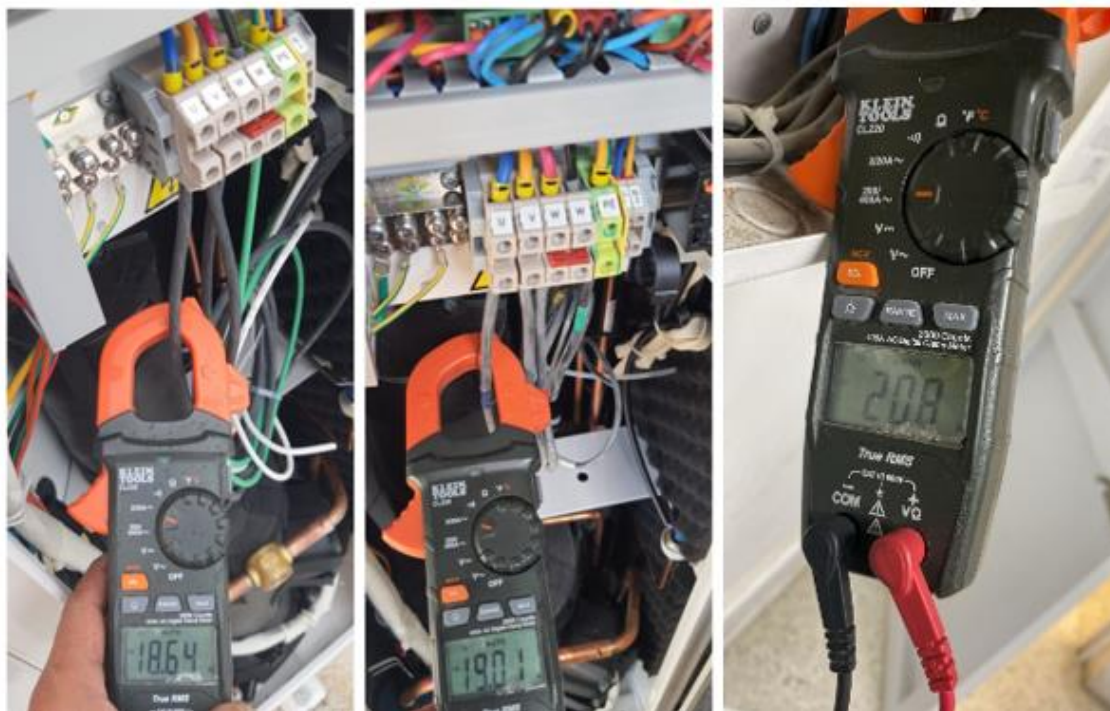
Figura 25*Consumo de corriente compresor #1.**Fuente. Autoría Propia*

Figura 26

Consumo de corriente compresor #2.



Fuente. Autoría Propia

Control de Temperatura

El rendimiento del control de temperatura fue evaluado mediante sensores instalados en diversas ubicaciones dentro de las cámaras frigoríficas:

Estabilidad de la Temperatura: El nuevo sistema mantiene una variación de temperatura de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, garantizando un control preciso y constante.

Temperatura Media: La temperatura media registrada en las cámaras frigoríficas es de -2°C , adecuada para la conservación de productos refrigerados.

Además, el sistema de control de temperatura ha demostrado una rápida capacidad de respuesta ante variaciones en la carga térmica, ajustando de manera eficiente el funcionamiento de los compresores y ventiladores para mantener las condiciones óptimas. Esta regulación

dinámica no solo mejora la conservación de los productos almacenados, sino que también contribuye a la optimización del consumo energético, reduciendo costos operativos y mejorando la eficiencia del sistema en el largo plazo.

Figura 27

Monitoreo remoto de la temperatura.



Fuente. Autoría Propia

Figura 28

Temperatura instantánea registrada en el controlador



Fuente. Autoría Propia

Figura 29

Control de Temperatura en neveras.



Fuente. Autoría Propia

Figura 30

Monitoreo en tiempo real de temperatura de neveras.



Fuente. Autoría Propia

Conclusiones

En resumen, el desarrollo del diseño, la selección de dispositivos, la instalación y las pruebas del sistema de refrigeración industrial para los supermercados D1 en Neiva-Huila se llevaron a cabo con éxito. A continuación, se presentan las principales conclusiones derivadas de este proyecto:

Diseño Eficiente

El uso de herramientas CAD permitió un diseño óptimo y eficiente, maximizando el uso del espacio disponible y garantizando la accesibilidad y seguridad del sistema.

La disposición de las unidades de refrigeración fue optimizada para facilitar el mantenimiento y mejorar el rendimiento operativo.

Evaluación y Selección de Dispositivos:

La selección de controladores y componentes se basó en criterios rigurosos de eficiencia energética y funcionalidad, lo que resultó en un sistema más confiable y eficiente.

Los dispositivos seleccionados, como el XWEB 300 y las válvulas de expansión electrónicas, demostraron ser efectivos en la optimización del consumo energético.

El controlador electrónico Tipo AK-CC55 Multi Coil tiene una gran versatilidad, permite un control integral del equipo de refrigeración con una gran flexibilidad para adaptarse a muebles y armarios

frigoríficos y cámaras para almacenamiento refrigerado: éstos cumplen con los estándares de la compañía D1, fueron dispuestas por el cliente, gracias a su alto desempeño y mantenimiento mínimo.

Proceso de Instalación

La instalación se realizó siguiendo estrictos procedimientos y normas de seguridad, lo que garantizó un montaje correcto y seguro del sistema.

El proceso de instalación fue documentado detalladamente, proporcionando una guía clara para futuras referencias y mantenimientos.

Eficiencia Energética y Reducción de Costos:

El nuevo sistema de refrigeración mostró una mejora significativa en la eficiencia energética en comparación con sistemas similares en la industria.

La reducción de costos operativos contribuye a la sostenibilidad del negocio y posiciona a los supermercados D1 como líderes en la implementación de soluciones de refrigeración industrial sostenibles.

Impacto y Beneficios:

La implementación del sistema de refrigeración eficiente no solo beneficia a los supermercados D1 en términos de reducción de costos y mejora del rendimiento, sino que también tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental.

Los resultados obtenidos sirven como un modelo a seguir para otros establecimientos que buscan mejorar sus sistemas de refrigeración industrial.

Referencias Bibliográficas

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2019). *Normas y estándares para la instalación de sistemas de refrigeración*. ASHRAE.
- Clark. (2019). *Principios de refrigeración y aire acondicionado*.
- De la Cruz, R. G., & González, R. (2006). *Metodología para la evaluación de sistemas de refrigeración industrial*. Scientia et technica, 1(30).
- Harris. (2018). *Eficiencia energética en la refrigeración comercial*. Energía y Refrigeración.
- Jaraba Perez, J. N., & Rincón Hostia, H. D. (2021). *Estudio de factibilidad técnica y económica para la implementación de energía solar fotovoltaica en sistemas de refrigeración de bajo costo, a partir del aprovechamiento del potencial de irradiación solar de la ciudad de Barrancabermeja*.
- Johnson. (2021). *Refrigeración industrial: Innovaciones y mejores prácticas*.
- Montero, B. (2024). *Optimización de la eficiencia energética en sistemas de refrigeración industrial* (Vol. 3). Revista Innova Científica.
- Moreno Garcia, F. E., Ramirez Matheus, J. J., & Ortiz Ramirez, O. D. (2016). *Sistema de supervisión y control para un banco experimental de refrigeración por compresión*. En *Sistema de supervisión y control para un banco experimental de refrigeración por compresión* (Vol. 21). Universidad Francisco de Paula Santander.
- Moreno Tabarez, M. (2023). *Modernización e instalación de nuevos sistemas de refrigeración en Supermercados La Vaquita*.
- Serrano Herrera, R. A., & Soto Cardenas, M. A. (2022). *Diseño e implementación de un sistema de trigeneración de energía híbrida con optimización de sistemas de refrigeración para una empresa procesadora de mariscos*.