

Sistema Automático para el Ahorro Energético del Cuarto Frio del Expendio SUBPROCARNICOS de la Ciudad de Santa Marta

Álvaro Guillermo Granados Gutiérrez, agrandos58@uan.edu.co

*Universidad Antonio Nariño Sede Santa Marta

Tecnología en Mantenimiento electromecánico industrial

Asesor Jairo Daza

Abstract--- In this article, a study will be carried out using an automatic system based on methodologies that allow it to be applied to minimize energy consumption in the cold room of the SUBPROCARNICOS outlet in the city of Santa Marta. By means of an analysis of technological tools, it was determined that the Coolselector2 software met the proposed objectives. This program provides everything necessary for the optimization of the cold room, such as the changes of articulated refrigeration components governed by the controllers and elements of the new automatic system, which will result in a reduction of up to 50% in the energy billing and greater efficiency of the refrigeration equipment, hoping that the process guarantees the delivery of meat products with an excellent state of conservation and maturation.

Key words— Automation, Cold room, energy saving.

Resumen— En este artículo se realizará un estudio mediante un sistema automático a partir de metodologías que permitan aplicarse para la minimización del consumo energético del cuarto frio del expendio SUBPROCARNICOS de la ciudad de Santa Marta. Por medio de un análisis de herramientas tecnológicas se determinó que el software Coolselector2, cumplía con los objetivos propuestos. Este programa arroja todo lo necesario para la optimización del cuarto frio, como los cambios de componentes de refrigeración articulados y gobernados por los controladores y elementos del nuevo sistema automático, el cual, nos dará como resultados la reducción, de hasta un 50% en la facturación de energía y una mayor eficiencia del equipo frigorífico, esperando que el proceso garantice la entrega de productos cárnicos con un excelente estado de conservación y maduración.

Palabras clave— Automatización, Cuarto frio, ahorro energético.

I. INTRODUCCIÓN

La aparición y constante crecimiento en el número de establecimientos comerciales que utilizan equipos eléctricos para proveer de refrigeración para la conservación de los alimentos en nuestro país ha provocado que dichas instalaciones representen grandes centros consumidores de energía. El sector

comercial, y más concretamente en los sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado tienen un gran potencial de ahorro por cuanto que consumen energía durante largos periodos, en la cual su uso es constante en la ciudad de Santa Marta, por su ubicación geográfica en el Caribe colombiano.

Este artículo está basado en el estudio de un sistema automatizado para reducir costos, el aprovechamiento y eficiencia de los equipos eléctricos de los sistemas de refrigeración, mejorando los resultados de acuerdo a los planteamientos establecidos en el mismo.

Este proyecto buscará analizar mediante un sistema, que se pueda implementar tecnologías que puedan lograr los objetivos planteados. El desarrollo de esta investigación busca el análisis de variables presentes en el proceso de refrigeración cuarto frio de la empresa SUBPROCARNICOS de la ciudad de Santa Marta. Mediante el análisis de componentes tecnológicos al sistema de refrigeración, en el cual, se observaron variables de temperatura y de consumo eléctrico, con el propósito de que se pueda determinar la mejor alternativa para la incorporación de estas partes al sistema. Con la ayuda del programa Coolselector 2 de Danfoss, el cual, es un software esencial para ingenieros, asesores y diseñadores de sistemas, que trabajan en el sector de la refrigeración y el aire acondicionado, se pudo modelar el proyecto y elegir todo lo requerido, para alcanzar lo esperado en esta, a través de la optimización del consumo energético, además de aumentar la eficiencia del sistema de refrigeración. Luego comparamos el historial de consumo energético del cuarto frio con la aplicación e implementación resultado del análisis de los datos obtenidos por la aplicación software y se procederá a la comparación del nuevo consumo energético basado en los cálculos de la modelación del proyecto. De acuerdo a las medidas tomadas que pretenden demostrar la eficiencia del sistema se analizó el historial de consumo antes de la aplicación del software y posterior a esta, para comprobar la eficiencia del software y determinar la implementación e implantación de los componentes. Teniendo en cuenta los datos de placa de los repuestos existentes y los datos técnicos arrojados por el programa. Se puede obtener un ahorro energético del 40% en la facturación y una mayor eficiencia del equipo frigorífico. Garantizando la entrega de productos cárnicos con un excelente estado de conservación y maduración. La propuesta y objeto es un estudio para mejorar y optimizar el proceso de refrigeración de los productos que demandan este proceso.

II. PROBLEMA

Uno de los desafíos que se plantean al mundo a través de la tecnología de la ingeniería es reducir los costos de producción y proteger el medio ambiente, lo que requiere grandes esfuerzos para encontrar oportunidades para mejorar los procesos, ahorrar energía y reducir el impacto ambiental. Por otro lado, entre las múltiples sugerencias que se hacen para el uso efectivo de la energía eléctrica, la tendencia es comprender el proceso de las plantas de producción y aplicar tecnologías como los convertidores de frecuencia para controlar la velocidad de los motores de inducción y sistemas de refrigeración y así ejercer un control eficiente. El objeto principal de la eficiencia energética es establecer sistemas que ayuden a un equipo eléctrico lograr que la potencia que se le suministra sea aprovechada al máximo. Inevitablemente siempre existirán pérdidas por fricción, vibraciones, arranque, mal uso del equipo etcétera. Cuando se logra mantener a un nivel mínimo las pérdidas de potencia se evita un aumento en costos por mayores consumos, un desgaste prematuro de los equipos además de evitar el peligro de una descarga eléctrica que puede ocasionar una elevada temperatura, así como también un bajo nivel de eficiencia en los equipos del frigorífico y desgaste significativo en las partes del sistema de refrigeración, ocasionando paradas repentinas del proceso de conservación de los productos, generando altos costos en la corrección de las fallas y pérdidas parciales de mercancía ya que son productos perecederos y no pueden verse afectados por una interrupción en la cadena de frío, así como también costos en el traslado constante de personal para verificar y reparar las maquinas del frigorífico y entren en normal funcionamiento, en horas no laborales. “ La innovación en las instalaciones industriales está íntimamente relacionadas con la capacidad del sector para identificar las posibilidades de mejora en la gestión. En este sentido, es importante que se tome conciencia de la importancia del gasto energético que representan uno de los capítulos más recurrentes de los costes de toda instalaciyn” (López C-2006).

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Teniendo en cuenta los problemas descritos, surgen las siguientes preguntas: ¿Se puede mejorar la eficiencia energética de los equipos eléctricos relacionados con el proceso de refrigeración y ahorrar energía siendo amigables con el medio ambiente?

IV. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, debido a las dos crisis más representativas como la crisis energética y el cambio climático, la tierra está destinada a requerir cambios culturales y tecnológicos en la sociedad y todos sus procesos industriales; estos dos temas han tenido un fuerte impacto ambiental, afectando a todas las partes del mundo. Por ello, las personas buscan soluciones

alternativas, como tecnologías limpias, formas de reducir el consumo de energía y campañas dirigidas a cambiar los hábitos de uso de la energía. Medio ambiente (Pernick y Clint, 2000). La razón para buscar estas soluciones es que el consumo mundial de energía aumentará en un 57% entre 2004 y 2030 (International Outlook, 2005) Este descubrimiento eleva la vigilancia no solo en la generación de energía sino también en el uso racional. Esto debería hacerse. Colombia no fue inmune a esta crisis energética. Por ejemplo, en 1992, el gobierno del presidente César Gaviria (César Gaviria) debido a los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña (La Niña) afectó el nivel de los embalses generadores de energía hidroeléctrica, resultando en una disminución En la producción de energía del país.

Como objetivo de esta investigación, el punto básico de esta pregunta es el uso racional de los recursos energéticos y técnicos, estos recursos técnicos pueden asegurar el consumo eficiente del proceso, y se consideran todas las premisas propuestas en el proceso. El sistema de refrigeración (cuarto frío) del Expendio SUBPROCARNICO, esta investigación es muy importante porque tiene un impacto inherente en:

Punto de vista Social:

Teniendo en cuenta el alto costo de la energía eléctrica y debido a las altas temperaturas que se encuentran en la región caribe alguna mejora en el ahorro de energía a través de la eficiencia de los equipos eléctrico traería como resultado un bajo costo en los procesos de refrigeración, reflejando una baja en el precio del producto final.

Punto de vista Práctico:

Con este estudio busca analizar cada uno de los temas necesarios para desarrollar la metodología planteada a través de la utilización de tecnologías que mejoren el uso eficiente de los sistemas de refrigeración para bajar su consumo de energía.

Punto de vista Teórico:

La investigación busca servir como guía para el diseño, implementación y de métodos o tecnologías que puedan servir para el ahorro energético en los procesos de refrigeración aplicada en la industria para la conservación de los alimentos. También, proveer un punto de partida en investigaciones futuras que se hagan sobre este tema.

Punto de vista Metodológico:

El proyecto seguirá los pasos concretos para llegar a la selección e implementación de un sistema que mejore los sistemas de refrigeración para la conservación de los alimentos. De manera simple de ser ejecutados y se pueda implementar donde se requiera el ahorro energético de estos sistemas.

V. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Aplicar un sistema automático para el ahorro energético del cuarto frío en el expendio SUBPROCARNICOS de la ciudad de Santa Marta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar metodologías o sistemas de automatización y control para el ahorro energético del sistema de refrigeración del cuarto frío del expendio SUBPROCARNICOS.
- Ajustar todos los equipos y parámetros requeridos mediante la modelación del software Coolselector 2 para el diagnóstico de eficiencia y recomendaciones para el ahorro energético del sistema de refrigeración.
- Analizar si la implementación de un variador de frecuencia en el sistema de refrigeración conduce a un ahorro energético en su funcionamiento.
- Verificar a través de un análisis técnico-económico la trazabilidad y récord del ahorro energético del sistema.

VI. ALCANCE

En este proyecto se realizará, un estudio de un sistema automático mediante la investigación de herramientas tecnológicas y de diagnóstico (software y hardware), que permita obtener datos, resultados y conclusiones, para que se pueda conocer el sistema adecuado y sus componentes necesarios que conformarían dicho sistema automático para el ahorro energético del cuarto frío del expendio Subprocárnicos de la ciudad de Santa Marta.

A. LIMITACIONES

Las limitaciones que se pueden encontrar en el proyecto son las siguientes

- Disponibilidad de equipos y componentes que nos permitan medir variables como temperatura del equipo, que tengan los sensores incorporados al sistema.
- Desgaste de componentes mecánicos y eléctricos por el alto nivel de trabajo.
- Que el diseño permita medir las variables más importantes del sistema en las líneas de descarga y succión del equipo mediante válvulas de acceso para manómetros.
- Conexiones eléctricas adecuadas para la implementación de los nuevos componentes que se incorporaron al sistema
- La estructura del cuarto debe tener una hermeticidad adecuada para la optimación del sistema.

VII. MARCO TEÓRICO

El primer hombre primitivo no tenía acceso a la comida, lo que lo obligó a cazar. Los seres humanos comen alimentos en su estado natural, sin embargo, durante su evolución, comienza a cocinar. "El nomadismo de los pueblos primitivos está relacionado con la necesidad de alimentos, es decir, la supervivencia".

Con el tiempo, los seres humanos han aprendido los métodos tradicionales de almacenamiento de alimentos de una manera práctica. Aunque estas tecnologías son inestables, se han perfeccionado debido a la necesidad de viajar del campo a la gran ciudad. Sin duda, esto ha estimulado una alta demanda de productos animales y vegetales, pues la demanda de productos es mayor, por lo que la prioridad es diseñar un sistema que incluya recepción, procesamiento y venta de productos a gran escala.

Varios métodos de conservación han existido durante mucho tiempo, se han consolidado y mejorado. Los métodos más comunes de conservación de alimentos incluyen: el salado, el curado, el ahumado, el escabeche, el refrigerado y el calor.

La investigación realizada por la Universidad de San Carlos en Guatemala basada en el tema del control automático de cámaras frigoríficas concluyó que: Primero, se ha mejorado significativamente el funcionamiento de las cámaras frigoríficas, con ahorros de energía de hasta un 40%, lo que reduce considerablemente los costos operativos, y el sistema tiende a ser más estable.

Desde sus inicios, la empresa expendedora de Subprocárnicos en Santa Marta cuenta con un cuarto frigorífico en la que se utiliza el sistema.

Actualmente, el cuarto frigorífico cuenta con un sistema de control compuesto por un dispositivo eléctrico con temporizador para sincronizar el comportamiento de cada componente que interviene en el funcionamiento del cuarto frigorífico. Las virtudes y ventajas que brinda el sistema de control automático del cuarto de refrigeración son bien conocidas por el personal de la tienda Subprocárnicos en Santa Marta, por lo que están interesados en participar en este proyecto.

A. Procesos de conservación de alimentos históricamente

Tiempos primitivos: utilizan sal, hielo, alcohol, aire.

Región de Egipto: en esta región se utilizan una serie de líquidos, como petróleo, aceite, derivados del vinagre y miel en algunos lugares.

Reino de los persas: Usaban Adición de azúcares.

Griegos: utilizaban Grajeado de frutas y hortalizas.

Antigua Roma: Usaban dióxido de azufre al vino.

Anterior al siglo XV: Empleo del adobo.

Siglo XVIII: Emplearon el bórax.

Siglo XIX: Aplicación de sulfitos a carnes, Pasteurización, En esta etapa, ocurrieron una serie de descubrimientos como el papel de los ácidos orgánicos: bórico, fórmico, Salicílico, benzoico.

Siglo XX: La congelación de alimentos, en esta etapa, ha producido muchas tecnologías nuevas, que incluyen conservantes químicos innovadores, irradiación, liofilización, envasado aséptico, procesos no térmicos: alto voltaje, pulso eléctrico, etc.

En este momento, se deben tomar las medidas de cuidado adecuadas en el método de conservación, y se debe utilizar la cámara frigorífica o cuarto frío para conservar los alimentos de manera más eficaz.

B. REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR.

Los principales componentes del ciclo de refrigeración son: La condensadora, el evaporador, el compresor, y la válvula de expansión.

El evaporador es el componente de sistema que realiza la transferencia de calor. En donde el refrigerante llega a su punto de saturación y luego se evapora.

La condensadora es un componente del sistema de refrigeración el cual realiza la de transferencia de calor, convirtiendo el vapor en líquido para la condensación se puede utilizar al aire, el agua o ambos.

El compresor tiene la función de aumentar la presión del refrigerante en estado gaseoso, el cual, regresa al sistema con las condiciones requeridas para condensar. Este recibe una presión baja, que después la convierte en alta presión.

La válvula de expansión tiene como función principal expandir el refrigerante reduciendo la presión para luego permitir el cambio de estado del refrigerante de líquido a gaseoso.

“Los elementos de un circuito de refrigeración un sistema frigorífico corresponde a un conjunto de diferentes dispositivos, tanto mecánicos, como térmicos, los cuales, operan en conjunto e interconectados entre sí, a fin de generar el fenómeno de refrigeración” (Daza, 2010).

La eficiencia energética es una práctica adoptada en el proceso de uso de energía, para reducir el consumo de energético. Las personas y organizaciones que consumen energía directamente, pueden reducir costos y promover la sostenibilidad de su negocio o mejorar la economía del hogar. La preocupación actual es el impacto ambiental del ahorro energético y la generación de energía, que se da principalmente en muchos países el mayor porcentaje de generación de energía como lo es hidroeléctrica o térmica por lo que sus costos son elevados. La eficiencia energética es una serie de acciones que pueden optimizar la relación entre el consumo energético y los productos y servicios finales, lo que se puede lograr implementando mejores hábitos de consumo e inversiones a nivel tecnológico.

Ahorrar o mejorar la eficiencia energética incluye un mejor uso de la energía. Esto se puede lograr cambiando hábitos, utilizando técnicas más efectivas o una combinación de ambas

Estos elementos mencionados, van unidos por tuberías y se denominan líneas del circuito. Estas líneas son de tres tipos:

- Línea de Baja presión.
- Línea de descarga.
- Línea de líquido.

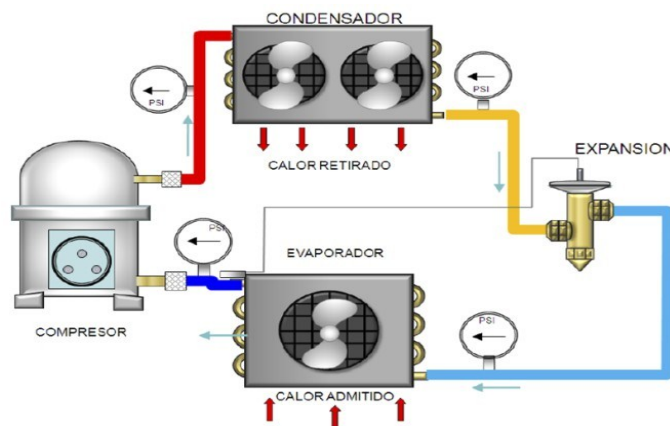


Figura .1 Elementos del ciclo básico de refrigeración por compresión de vapor. Fuente empresa DANFOSS

Como se observa en la figura1 se presenta el ciclo de refrigeración por vapor y cada uno de sus componentes como lo son compresor condensador evaporador válvula de expansión

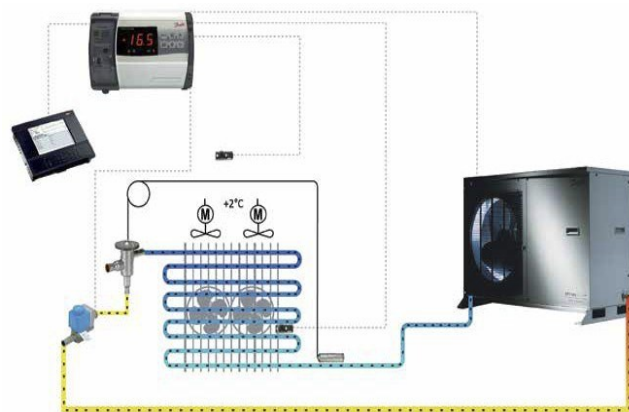


Figura 2. Controlador incorporado al sistema Fuente empresa DANFOSS

La refrigeración implica mantener el producto a baja temperatura, pero por encima de su temperatura de congelación, mantiene el alimento entre 0 y -6°C, inhibiendo así el crecimiento de microorganismos durante varios días.

Dejan que los alimentos resistan las bajas temperaturas sin congelarse Durante el almacenamiento, la temperatura debe permanecer uniforme y dentro de las tolerancias que permita y aplique a cada producto. Siempre que se controle la humedad relativa y la temperatura, la carne puede mantenerse a 2-3°C bajo cero durante varias semanas para que no se distinga de la

carne recién sacrificada. Mantiene los alimentos por debajo de la temperatura a la que se multiplican las bacterias. (Los refrigeradores industriales están entre 2 y 5°C, y los refrigeradores domésticos entre 8 y 15°C).

Solo conserva los alimentos por un corto período de tiempo, porque la humedad promueve la reproducción de hongos y bacterias, y previene el crecimiento de microorganismos termófilos y muchas bacterias mesófilos. Sabemos que desde la antigüedad la comida se guarda en un lugar con baja temperatura ambiente. Los seres humanos prehistóricos almacenaban en cuevas de hielo, en la industria de congelados tiene un origen más reciente que la de envasados. El proceso de congelación se utilizó por primera vez comercialmente en 1842. En el siglo XIX, el equipo de refrigeración mecánica se desarrolló y sentó las bases de la industria actual de refrigeración y almacenamiento de productos congelados. El proceso de enfriamiento inicial incluye la colocación de productos (carne, aves, verduras, etc.) Un cuarto frío es una instalación industrial estatal o privada, para la recepción de productos frescos y productos no elaborados. Estos llevan compartimentos cerrados y su temperatura no debe pasar de los 16 grados centígrados.

Una tonelada de capacidad de enfriamiento equivale a transferir calor para derretir una tonelada de hielo (288.000 BTU en unidades británicas) en 24 horas. En otras palabras, un sistema de refrigeración con una capacidad de 1 tonelada teóricamente puede congelar 1 tonelada de agua en 24 horas.

En refrigeración y congelación, el calor se elimina del cuerpo que se refrigera y se transfiere a otra temperatura más baja que la temperatura del cuerpo refrigerado. Que absorbe calor y circula en un ciclo de refrigeración, lo que se denomina refrigeración mecánica. Los refrigerantes son una sustancia volátil, cuando cambia de líquido a vapor, absorbe una cierta cantidad de energía, llamada calor latente de vaporización. Este cambio de estado es utilizado en el ciclo de refrigeración.

La refrigeración y congelación son métodos de conservación de alimentos o productos que se almacenarán mediante la reducción de la temperatura. El método tiene como objetivo inhibir el crecimiento de microorganismos que destruyen o reducen la calidad del producto y disminuyen significativamente la calidad de la mayoría de los alimentos. Las reacciones químicas y metabólicas del cuerpo se enfrían o se congelan

VIII. MARCO METODOLOGICO

A. POBLACION.

Durante este proyecto se presta atención a las experiencias de las personas en la industria que opera este tipo de equipos de refrigeración (cámaras frigoríficas o cuartos fríos), para la conservación de alimentos y similares, que requieren una cadena de frío, tales como industrias cárnicas de la región industria pesquera, conservación de alimentos en general y otros sectores de almacenamiento de alimentos que contenga cadenas de frío.

Según Alfonso (1995), “la investigaciyn documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construccion de conocimientos.”

Esta metodología se enfoca en la recolección y análisis de datos para adquisición de conocimientos con el fin de lograr los objetivos planteados en la formulación del proyecto de Automatización y control del cuarto frío del expendio SUBPROCARNICOS de la ciudad de Santa Marta. Enfatizado en la implementación de nuevas tecnologías basado en procesos automáticos que monitoreen todo el sistema frigorífico. El tipo de investigación para este proyecto es de tipo documental ya que se basa en el análisis de todos los datos arrojados por el programa de automatización colselector 2, recolección de información de autores e investigaciones sobre sistemas automáticos de cámara frigoríficas funcionamiento de componentes y controladores electrónicos a través de sus manuales de uso configuración y funcionamiento diferencias y comparaciones ficha técnicas de los componentes de refrigeración que integran el sistema.

La recolección de datos se obtuvo de los formatos de la empresa que realizaba el mantenimiento a la cámara frigorífica del expendio Subprocarnicos de la ciudad de Santa Marta. La elaboración de un análisis cuantitativo para comparar los niveles de documentación de procesos automatizables según los datos existentes, ya que en algunas variables del sistema de refrigeración pueden mantenerse constante y otras varían.

Analizando cada una de las causas, por las cuales, se realizó esta investigación con el fin de no apartarse del objetivo propuesto, tratándose en la medida de lo posible, de mantener el esquema metodológico fijando una serie de puntos de estudios y orientados al ahorro energético y eficiencia del cuarto frío. Este proyecto tendrá un diseño cuantitativo ya que la investigación de este proyecto está basada en análisis de datos recolectados en los informes de mantenimiento preventivos y correctivos. Aplicamos conceptos que involucran el análisis de fallas en el proceso de la industria referente a la programación de limpieza de equipo y reparación.

B. DISEÑO METODOLOGICO

Para poder obtener y dar con el cumplimiento de los objetivos del proyecto se debe usar una planificación que pueda trabajar de una forma sincronizada logrando una mejora y optimización del sistema frigorífico mediante un diseño concurrente.

En este trabajo, debemos realizarlo por fases, el cual, se debe llevar un proceso de conocimientos, utilizando tecnologías de sistemas automatizados y de última generación para la aplicación de unidades de refrigeración.

FASE PARA LA PLANEACIÓN DEL PROYECTO Durante el diseño de la planeación de la fase del proyecto se realizaron los siguientes procesos:

1. Se realizó un estudio del estado actual del sistema de refrigeración del EXPENDIO SUPROCARNICO de la ciudad de Santa Marta.

2. Se tomó reporte técnico del equipo del cuarto frío llevando a cabo un análisis para la selección del sistema automático del ahorro energético. También realizo entrevista a personas involucrada para saber el funcionamiento del equipo y costos energéticos. Además, los datos suministrados por la empresa que suministra los mantenimientos preventivos como las órdenes de servicios y datos de funcionamiento.

3. A partir de la recolección de la información se tabulo la información y se estudiara los sistemas automáticos, con esto se determinará el software adecuado para la aplicación del sistema frigorífico de la empresa EXPENDIO SUPROCARNICO de la ciudad de Santa Marta.

4. Dado a la selección de la aplicación se modelo ingresando los datos técnicos y reportes obtenido por la empresa que actualmente realiza el mantenimiento. Después de haber digitado los datos en el software el arrojará el cálculo según el funcionamiento del equipo y nos dará la información de capacidad de enfriamiento refrigerante evaporación temperatura de condensación y a partir de allí se escogerá los componentes a cambiar del sistema lado que en un selector arrojar a esta información.

5. Ya arrojados estos datos se investigó y se analizará qué marca calidad ficha técnica variadores de velocidad y demás componentes para poder ingresar los nuevos datos técnicos para poder simular lo obteniendo cifra sorprendente de ahorros energético variando la capacidad de enfriamiento de un 40% de su velocidad y así se obtiene el ahorro energético. Con esto se establecerá el porcentaje de ahorro energético con la implementación de estos componentes tecnológicos

6. Se entregó el informe detallado de la realización del proyecto de ahorro energético con retorno de inversión componentes a cambiar costos gastos y listado de materiales, cómo están bien las etapas de ejecución del proyecto y beneficio económico (costo-beneficio). Además, se entregó un análisis detallado sobre el bajo consumo energético, con los datos simulados del software y nuevos componentes, para que sea entendible y que el cliente puede invertir en este tipo de tecnología y de esta manera que quede satisfecho con el software Coolselector 2. Se debe determinar el costo de todos los elementos del proyecto para así poder calcular tanto el capital de inversión como el retorno de dicha inversión, buscando que, en caso de querer implementar el sistema, poder saber si los beneficios serían mayores que el gasto.

- NTC 4838-4 Equipos de refrigeración comercial. Métodos de ensayo. Parte 4. Ensayo de descongelación.
- NTC 2911-refrigeración. Guía para la presentación de los datos de rendimiento de compresores de refrigeración.

IX. RESULTADOS

A. Estudio de metodologías o sistemas de automatización y control, para el ahorro energético del sistema de refrigeración del cuarto frio del expendio SUBPROCARNICOS.

Se realizó una evaluación técnica del cuarto frio del EXPENDIO SUBPROCARNICO, el cual, se encuentran una serie hallazgos que son fundamentales para la realización del proyecto. Los datos referenciados en el acta de revisión de los equipos podemos analizar las condiciones físicas y funcionales de todos los componentes que conforman el sistema frigorífico. También nos ofrece datos muy importantes como son fichas técnicas de los equipos, mediciones eléctricas, presiones, temperatura y el estado del sistema. En esta empresa, el equipo de refrigeración encontramos los siguientes acontecimientos según datos obtenidos:

BHM INGENIERIA & SERVICIOS LTDA				CUARTO FRIO DE CONGELACION			
FECHA: 01-04-2020				ORDEN DE SERVICIO No.:			
CLIENTE: SUBPROCARNICO				CIUDAD: SANTA MARTA			
SUCURSAL VISITADA: TEPUNA				TEL: 318880478			
DIRECCION: MERCADO PUBLICO				FAX:			
ENCARGADO: HECTOR VASCO				AREA: ALMACEN DE ALIMENTOS			
REVISION DEL EQUIPO	Marca: TECUMSEH	ESTADO DEL EQUIPO	Condiciones Normales	REVISION REALIZADA	Revisión preventiva	TIPO	Laboratorio
	Capacidad: 5TON		No opera Adecuadamente		Mantenimiento Preventivo		Visita
	Nº Inventario:				Mantenimiento Correctivo		
					Instalación:		
UNIDAD EVAPORADORA	Modelo: EMBL 159	UNIDAD CONDENSADORA 1	Modelo: STP				
	Serie: NO VISIBLE		Serie: GE1007518088				
TIPO DE COMPRESOR	HERMETICO <input checked="" type="checkbox"/> SEMI HERMETICO <input type="checkbox"/>	ABERTO <input type="checkbox"/>	ESPIRAL <input type="checkbox"/>	UNIDAD CONDENSADORA 2	Modelo:		
	PISTON <input type="checkbox"/> PISTON RODANTE <input checked="" type="checkbox"/>	TORNILLO <input type="checkbox"/>			Serie:		
UBICACION DEL CUARTO FRIO: ALMACEN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS							
MEDICIONES Y ESTADO DEL SISTEMA							
ELECTRICO: Check List							
Voltage Placa	500-280V	Amperaje Placa	21.4A	Funcionamiento Gral.	<input checked="" type="checkbox"/>	Tubería de refriq.	<input checked="" type="checkbox"/>
Voltage L1 - L2	223	Amperaje L1	6.8A	Serpentín Condensador	<input checked="" type="checkbox"/>	Revisión de vacíos:	<input checked="" type="checkbox"/>
Voltage L2 - L3	223	Amperaje L2	6.9A	Serpentín Evaporador	<input checked="" type="checkbox"/>	Aislamiento	<input checked="" type="checkbox"/>
Voltage L1 - L3	224	Amperaje L3	6.9A	Filtros de liquido	<input checked="" type="checkbox"/>	Mirilla:	<input checked="" type="checkbox"/>
Voltage N - T	0	Amperaje T	0	Ventilador Evaporador	<input checked="" type="checkbox"/>	Soportes:	<input checked="" type="checkbox"/>
Breakers:	30Amp	Termicos	<input checked="" type="checkbox"/>	Motor Evaporador	<input checked="" type="checkbox"/>	Ductos	<input checked="" type="checkbox"/>
Contactores:	25Amp	Cableado	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilador Condensador	<input checked="" type="checkbox"/>	Soportes:	<input checked="" type="checkbox"/>
OBSERVACIONES ELECTRICAS							
EL SISTEMA ELECTRICO SE ENCUENTRA EN CONDICION REGULAR DE OPERACION							
Capacitores: <input checked="" type="checkbox"/>							
Tablero de control: <input checked="" type="checkbox"/>							
Estructura Equipo: <input checked="" type="checkbox"/>							
Desague: <input checked="" type="checkbox"/>							
Resistencia: <input checked="" type="checkbox"/>							
Carga Refrigerante: 40 PSI							
Tipo de Refrigerante: R22							
INFORME TECNICO				OBSERVACIONES GENERALES			
SE REALIZO REVISION TECNICA DE TODAS LAS PARTES Y COMPONENTES DEL SISTEMA FRIGORIFICO. ENCONTRADO EVAPORADOR CON MICROFUGA EN EL SERPENTIN POR DESGASTE Y CORROSION DEL MATERIAL QUE CONFORMA EL SISTEMA. SE RECOMIENDA CAMBIAR EL EVAPORADOR. YA QUE SE ENCUENTRA EN EL FINAL DE SU VIDA UTIL. EL COMPRESOR SE ENCUENTRO DESCOMPRESIONADO, REQUIERE CAMBIO PARA ALCANZAR LA EFICIENCIA INICIAL.				SE REALIZA LA REVISION TECNICA DEL EQUIPO ENCONTRANDO BAJA PRESION DE REFRIGERANTE CON 40 PSI POR BAJA Y SE COMPLETA LA CARGA HASTA 25 PSI. AL CAMBANDO NUEVAMENTE SUS CONDICIONES NORMALES DE OPERACION. EN LA REVISION REALIZADA MUESTRA EL DESGASTE Y CORROSION DEL SERPENTIN DEL EVAPORADOR POR ENCONTRARSE EN SU FINAL DE VIDA UTIL. COMPRESOR SE ENCUENTRA DESCOMPRESIONADO.			
Firma Ingeniero:				Firma del Cliente:			
C.C. del Ingeniero: 79.842.045				C.C. del Cliente:			

Figura 3. Reporte técnico del cuarto frio. Fuente Bhm Ingeniería y Servicio Ltda.

En la figura 3 se aprecia el reporte técnico del equipo muestra las fallas presentadas en la condensadora de 5Toneladas de refrigeración marca Tecumseh y el evaporador. Se encuentran con desgaste del material y el rendimiento para refrigerar, no

C. NORMATIVA LEGAL

Para el desarrollo del proyecto se tuvo en cuenta la siguiente normativa:

- Código eléctrico colombiano norma NTC 2050 retie reglamento técnico de instalaciones eléctricas
- Decreto número 2162 de 1983 ministerio de salud
- Decreto número 2131 de 1997 ministerio de salud
- NTC 4838-1 equipos de refrigeración comercial. Métodos de ensayo. Parte 1: cálculo de dimensiones lineales, áreas y volúmenes.

está en los parámetros adecuados, la presión por la línea de descarga se encuentra en 320 psi y la línea de succión en 25 psi.

La corriente del equipo se encuentra en 29,9A.

Los datos de las mediciones eléctricas y verificando el estado actual del equipo, encontramos un deterioro del sistema de refrigeración y los costos de energía del sistema frigorífico son elevados porque sus componentes son obsoletos y no automatizados.

Analizando los consumos de las facturas de energía, se pudo tabular los valores de consumos energéticos del cuarto frío de la empresa en mención, estableciendo los siguientes datos:

Datos de facturación de consumos energéticos del año 2019

CONSUMOS DE ENERGÍA AÑO 2019			
FACTURACIÓN	KW/H	VALOR KW/H	TOTAL
ENERO	4.802	482,15	\$ 2.315.284
FEBRERO	5.260	482,15	\$ 2.536.109
MARZO	4.925	482,15	\$ 2.374.589
ABRIL	5.142	482,15	\$ 2.479.215
MAYO	4.836	482,15	\$ 2.331.677
JUNIO	5.246	482,15	\$ 2.529.359
JULIO	4.986	482,15	\$ 2.404.000
AGOSTO	5.126	482,15	\$ 2.471.501
SEPTIEMBRE	4.798	482,15	\$ 2.313.356
OCTUBRE	5.348	482,15	\$ 2.578.538
NOVIEMBRE	4.945	482,15	\$ 2.384.232
DICIEMBRE	5.325	482,15	\$ 2.567.449
		TOTAL	\$ 29.285.309

Tabla 1. Consumos de energía.
Fuente elaboración propia

En la tabla se puede observar el valor del kilowatio-hora, el costo, y el valor total en pesos consumidos por los doce meses del año, dándonos como resultado \$29'285.309 del pago de la factura anual

Al tener este valor, se dio a la tarea de buscar alternativas de métodos y herramientas de un sistema automático para adaptarlo al sistema frigorífico para minimizar el consumo energético de este equipo, ya que estaba muy elevado.

El primer método que se estudió, es un controlador lógico programable (PLC), este ofrecía controlar los diferentes componentes del equipo, pero no brindaba herramientas que llevara a la optimización y automatización del proceso de refrigeración ni tampoco disminuía el costo energético.

Al centralizar el proceso y trabajar, los componentes existentes del sistema, notamos que estos estaban en un considerable grado

de desgaste y pérdida de eficiencia frigorífica y por ende energética.

El segundo método que se estudió, es el sistema PLC combinado con un variador de velocidad, pero realizando el estudio, se vio que el compresor no está diseñado para la rampa de aceleración y desaceleración que ofrece este elemento, ni tampoco del flujo de refrigerante, de tal manera que se puede averiar el compresor existente.

Se dio a la tarea de seguir investigando, se podría cambiar el compresor, pero como eran de diferentes marcas tanto el este como el PLC, el variador de velocidad y un nuevo compresor, no eran compatible no se sabía cómo sincronizarlo y ni como se caminaban.

Se siguió buscando un sistema que ayudara a encontrar herramientas para disminuir el costo energético a esta

organización seleccionamos el modelo de automatización en este caso el coolselector2, el cual, cumple con la necesidad del cliente ya que esta herramienta tecnológica, nos regala un análisis del estado actual y que componentes se debe cambiar para alcanzar ahorros energéticos óptimos para poder invertir. Este se logró gracias a la entrevista del ingeniero que realizaba el mantenimiento de este equipo y se obtuvo que daba todos los datos para empezar a trabajar en este proyecto.

1. Ajuste de todos los equipos y parámetros requeridos mediante la modelación del software Coolselector 2 para el diagnóstico de eficiencia y recomendaciones para el ahorro energético del sistema de refrigeración.

B. Cálculos Y Modelamiento Del Nuevo Cuarto Frío

Mediante la implementación software coolselector 2 nos ayuda a optimizar el consumo de energía y aumentar la eficiencia en cualquier sistema HVACR. Realizando cálculos imparciales basados en un conjunto de condiciones de funcionamiento, como la capacidad de enfriamiento, refrigerante, evaporación y temperatura de condensación, y luego seleccionamos los mejores componentes para el diseño del proyecto.

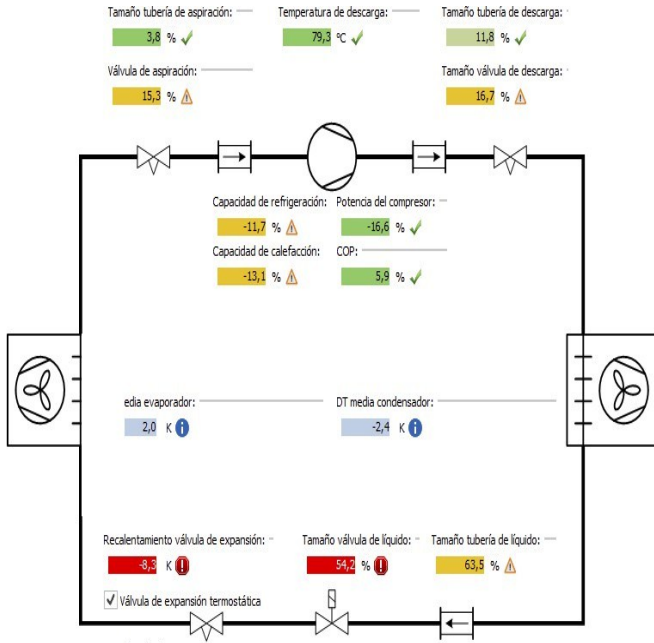


Figura 4 modelación de nuevo cuarto frio
Fuente: empresa DANFOSS

Se muestra en esta figura4, una modelación del sistema de refrigeración los parámetros requeridos como temperatura, válvula de expansión, evaporador, compresor diámetros de tubería del cuarto frio, para que quede en el orden de instalación.

Cálculos de cámara frigorífica parte 1

Capacidad de refrigeración: 4.138 kW
 Temperatura de punto de rocío: -26,0 °C
 Temperatura de entrada del aire: -18,0 °C
 Diferencia media de temperatura: 8,3 K
 Potencia estimada del ventilador: 221,1 W
 Potencia estimada del descharche: 2148 W

Capacidad de calefacción: 13,1 kW
 COP: 5,9

edia evaporador: 2,0 K
 DT media condensador: -2,4 K

Recalentamiento válvula de expansión: -8,3 K
 Tamaño válvula de líquido: 54,2 %
 Tamaño tubería de líquido: 63,5 %

Válvula de expansión termostática

Figura 5 modelación de la cámara frigorífica
Fuente empresa DANFOSS

Figura5 se observa el modelamiento de la cámara frigorífica obteniendo una serie de datos necesarios para optimizar el cuarto frio de la empresa SUBPROCARNICOS. Podemos visualizar las condiciones del evaporador.

Capacidad de refrigeración 4.138 kW

Temperatura de punto de rocío: -26C
 Temperatura de entrada del aire: -18C
 Diferencia media temperatura: 8,3 k
 Potencia estimada del ventilador: 221.1 w
 Potencia estimada del descharche: 2148w

Capacidad de refrigeración: 4.138 kW
 Temperatura de punto de rocío: -26,0 °C
 Temperatura de entrada del aire: -18,0 °C
 Diferencia media de temperatura: 8,3 K
 Potencia estimada del ventilador: 221,1 W
 Potencia estimada del descharche: 2148 W

Capacidad de calefacción: 13,1 kW
 COP: 5,9

edia evaporador: 2,0 K
 DT media condensador: -2,4 K

Recalentamiento válvula de expansión: -8,3 K
 Tamaño válvula de líquido: 54,2 %
 Tamaño tubería de líquido: 63,5 %

Válvula de expansión termostática

Figura 6 Cálculo de la cámara frigorífica parte 2
Fuente: empresa DANFOSS

Como se observa en la figura6, el programa coolselector 2, nos arroja cada uno de los cálculos de la cámara frigorífica, como lo son, aislamiento térmico, dimensiones, entre otros.

Acá se observan algunos datos de los cuales arrojo el software

Refrigerante:	R40
Temperatura de evaporación, punto de	-3,3 c
Presión de evaporación:	78,8 p
Temperatura de evaporación, punto medio:	-3,5 c
Recalentamiento útil:	5,4 C
Recalentamiento adicional:	0 c
Temperatura del gas de retorno:	2,1 c
Temperatura ambiente:	3 c
Sub-enfriamiento:	3, c
Sub-enfriamiento adicional:	0 c

Se calculó la carga del cuarto frio teniendo en cuenta varios parámetros como: Transmisión, la, infiltración, hielo en el evaporador, producto total en enfriamiento, luz, personas, ventiladores y descharche.

El cálculo total de la carga del cuarto frio se estima en: 3,430 kW

Ya seleccionado esta herramienta, se inicia a digitar los parámetros técnicos, medidas del módulo del cuarto frio, espesores del aislamiento térmico, consumos de corriente de cada motor eléctrico, marcas de cada componente, simulando cada uno de estos para que el sistema pueda arrojar los cambios sugeridos por el programa, obteniendo:

- Capacidad de refrigeración 4.138 kW
- Temperatura de punto de rocío: -26C
- Temperatura de entrada del aire: -18C
- Diferencia media temperatura: 8,3 k
- Potencia estimada del ventilador: 221.1 w
- Potencia estimada del descharche: 2148w
- El cálculo total de la carga del cuarto frio se estima en: 3,430 kW de enfriamiento
- Incorporar modulo inteligente como lo es el controlador AK-SM 880 para monitoreo de todo el sistema de refrigeración mediante interfaz como un computador.
- Controlador de la interfaz AK-SM 800, usado para la optimización del ahorro energético y donde se le digita los datos para el funcionamiento óptimo del equipo, controlando el sistema y registra las fallas del sistema solo de refrigeración.
- Controlador AK-RC103 para reemplazar el sistema eléctrico y de mando.
- Variador de frecuencia VLT FC 103, el cual, controlará la rampa de aceleración del equipo para darle eficiencia energética y confiabilidad al equipo.
- Cambios del sistema de refrigeración actual, para adaptarlo al sistema automático.

□ Controlador A SM 800

El controlador de interfaz Danfoss A SM 800 es una solución innovadora para medianas y grandes empresas minoristas de alimentos. el ASM tiene la tecnología más avanzada para brindar a los usuarios finales todos los beneficios posibles en términos de optimización del ahorro de energía, opciones de control y operación conveniente manejo. Diseñado especialmente para aplicaciones del sector minorista de alimentación, el A SM brinda todas las funciones y herramientas necesarias para proporcionar una cobertura completa de las aplicaciones, desde refrigeración. El A SM de Danfoss representa la respuesta más versátil a las necesidades actuales y a un control eficaz, una optimización energética Varias entradas y comandos lógicos booleanos proporcionan flexibilidad continua a largo plazo, todo integrado en un controlador de interfaz fácil de usar

Incorpora herramientas modernas, como el puerto del controlador de la unidad flash USB, que permiten actualizar el firmware y guardar la base de datos fácilmente. Otro de los elementos del paquete de A SM es la Herramienta de gestión remota (RMT) una aplicación sencilla, aunque potente que permite realizar actualizaciones de forma remota, gestionar software y guardar bases de datos en el A SM. El servidor web incorporado del A SM ofrece acceso remoto total, lo que le brinda un entorno del explorador web avanzado.



Figura 7 configuración controlador ASM 800

Fuente empresa DANFOSS

Como se observa en la figura7 se observa el display y la interfaz que ofrece al usuario

- Configuración
- Estos son los pasos usuales que se requieren para poner en marcha y configuración A SM. Los procedimientos para configurar este dispositivo son muy comunes igual a una conexión red y puede ajustarse los parámetros también en la pantalla del dispositivo,
- Este módulo ofrece una flexibilidad de control única y es compatible con métodos de control centralizados.
- Con este tipo de aplicación nos permite un ahorro energético del sistema y acceso a las lecturas.

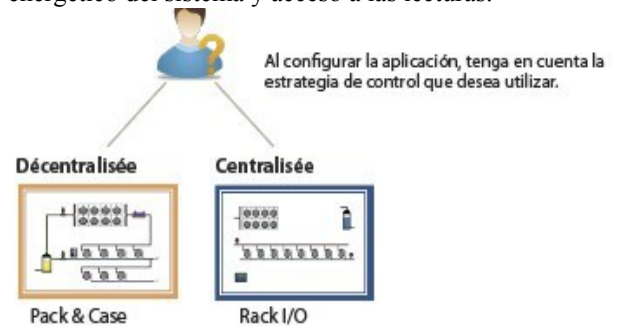


Figura 8 configuración centralizada y descentralizada AS 800

Fuente de fotos empresa DANFOSS

Como se ve en a figura 8 se demuestra los dos tipos de configuración del controlador descentralizada la cual parte de sus comandos son operados por el usuario y centralizada en la cual el controlador ejecuta comandos y confirmaciones por si solo.

Cuando iniciamos la configuración del sistema, se presenta la oportunidad de elegir el procedimiento centralizado, descentralizado o ambos.

En este apartado, se tratarán los siguientes aspectos de la puesta en marcha del sistema:

Nodos de Red, pestaña de tiempo, pestaña del sistema, pestaña de Comunicación, alarmas y control

Cuando iniciamos el módulo A SM, y disponga de la autorización necesaria, el sistema de configuración se realizará con la pestaña Configuración central. Si seleccionamos esta

pestaña, aparecerán unas sub pestañas de configuración. En función de su selección, estas pueden cambiar dependiendo el contenido.

Con estos parámetros se puede realizar un proceso gradual de configuración

□ Gestión De Dispositivo

En la pantalla del dispositivo se puede gestionar el control de todos los dispositivos y archivos que están activos en el sistema, este se actualiza en función con el software A MS 800 predeterminadamente. Asimismo, habilita los controladores más comunes

Al realizar el escaneo de red /disposición de refrigeración, se habilitarán de forma automática todos los grupos detectados durante el escaneo.

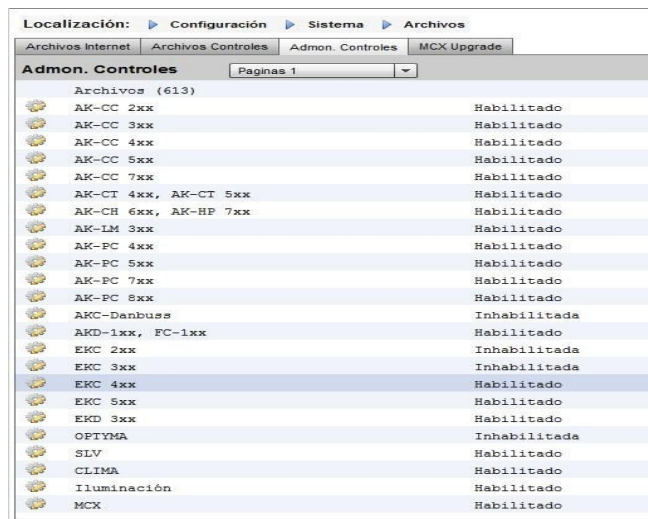


Figura 9 fuentes foto DANFOSS
Fuente de fotos empresa DANFOSS

Como se aprecia en la figura9 el controlador realiza un escaneo para habilitar todos los componentes de forma automática a su sistema.

□ Controlador A-RC 103 Incorporado Al Sistema

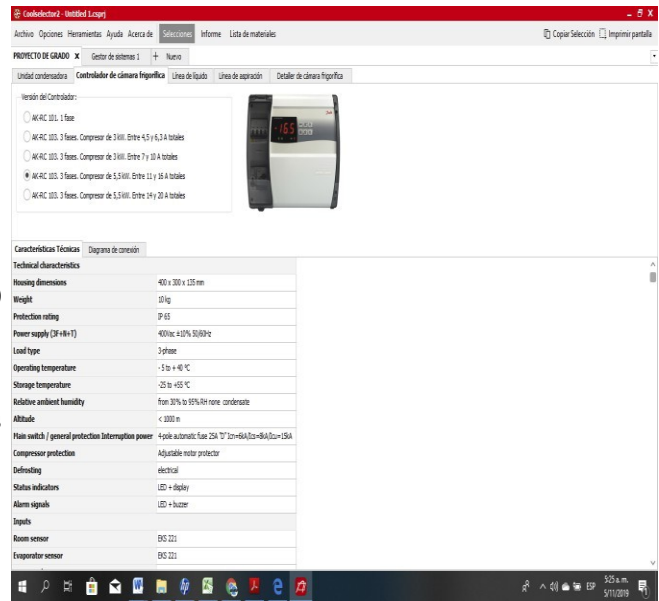


Figura 10 Controlador ARC 103
Fuente empresa DANFOSS

Se observa en la figura10 el controlador que se incorporara al sistema permitiendo remplazar el antiguo sistema de control eléctrico y de mando. Es controlador viene con su control de temperatura, contactores y protecciones eléctricas.

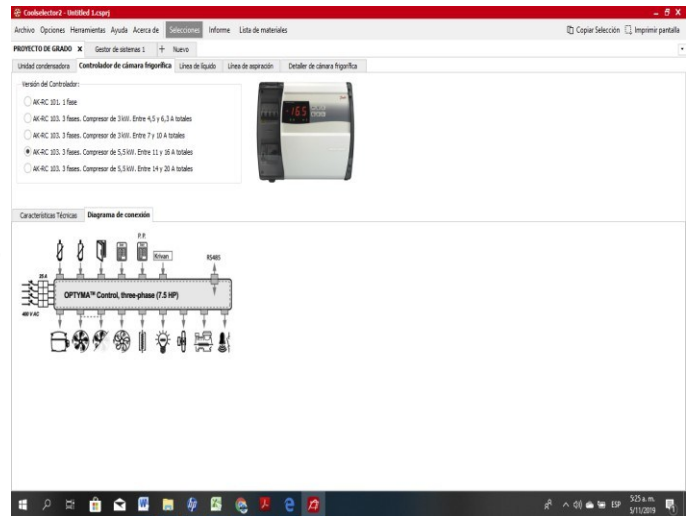


Figura 11 Controlador A RC 103
Fuente empresa DANFOSS

Se nota en la figura 11, el diagrama de todas las posibles conexiones a su sistema

El diagrama de conexión del controlador es muy práctico y fácil de instalar. En él se puede conectar todos los sensores y actuadores de los equipos. (Entradas y salidas)

Controlador de refrigeración trifásicos hasta 7.5 HP, estacionados o aireados, con desescarche y ciclo de apagado.

Características principales:

- Controla el compresor, el ventilador de la condensadora, el aceite del compresor, resistencias, ventiladores del difusor, válvula de solenoide, iluminación, así como también otros dispositivos de seguridad que sean estándar.
- Breaker diferencial magnetotérmico. Ubicado en el panel frontal para el corte eléctrico del sistema.
- Breaker de protección para motor graduable, en el panel frontal.
- Conexión sencilla, el esquema se encuentra cerca de los terminales.
- modo de funcionamiento del compresor por compresor termostato o parada del compresor
- Monitoreo de temperatura del equipo.
- Control remoto con Morbos RS485.
- Relé auxiliar, se puede activar y configurar por parámetro.
- tapa transparente para acceder al breaker magneto térmico.
- Control electrónico de indicación LED's y botones de programación amigables
- Muestra de estados mediante iconos LED.

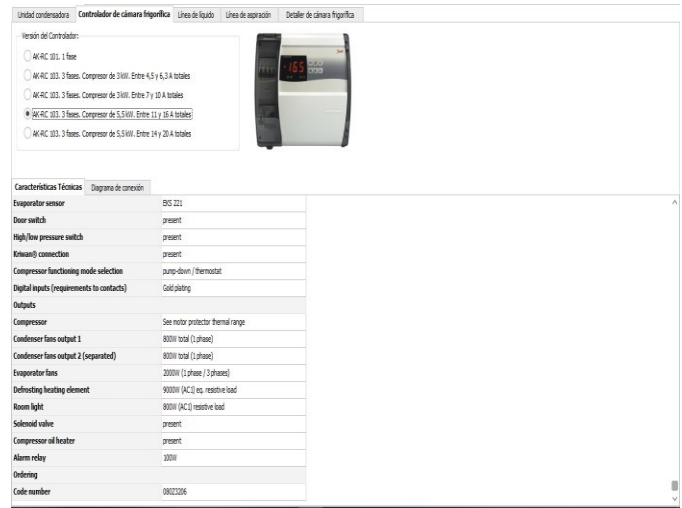


Figura 13 Controlador ARC 103
Fuente Empresa DANFOSS

En la figura13 se muestra cada uno de los códigos alarmas y fallas que notifica el controlador

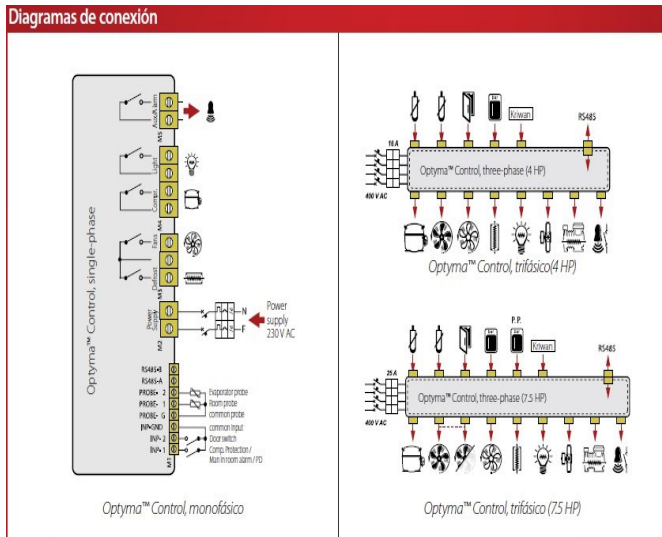


Figura 12 diagrama de conexiones
Fuente empresa DANFOSS

En la figura12 se aprecia un plano detallado de las conexiones

- Códigos de alarmas

En caso de una falla, Controlador lo notifica al operador mostrando códigos de alarma y haciendo sonar la alarma de advertencia ubicada en el interior del panel de control. Si se activa alguna alarma, la pantalla mostrará una serie de mensajes:

Código de alarma	Causa posible	Solución
E0	El sensor de la cámara frigorífica no funciona correctamente	<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe que el sensor de temperatura de la cámara frigorífica funciona correctamente. • Si el problema persiste, cambie el sensor.
E1	El sensor de desescarche no funciona correctamente. (En este caso el desescarche se prolongará durante el tiempo d3.)	<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe que el sensor de desescarche funciona correctamente. • Si el problema persiste, cambie el sensor.
E2	Alarma Eeprom. Se ha detectado un error en la memoria EEPROM. (Se desactivarán todas las salidas excepto las de alarma)	<ul style="list-style-type: none"> • Apague el equipo y vuelva a encenderlo.
E8	Alarma de persona en la cámara frigorífica	<ul style="list-style-type: none"> • Restablezca la entrada de alarma en el interior de la cámara frigorífica.
Ec	Protección del compresor activada (p. ej. protección térmica o presostato de alta). (Se desactivarán todas las salidas excepto las de alarma, si existen)	<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe que el compresor funciona correctamente. • Compruebe el consumo del compresor. • Si el problema persiste, póngase en contacto con el servicio técnico.
Ed	Alarma de puerta abierta (puerta abierta y retardo de tiempo expirado)	<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe la puerta / contacto de la puerta
La temperatura visualizada en la pantalla está parpadeando	Alarma de temperatura mínima o máxima. La temperatura en el interior de la cámara frigorífica ha excedido el nivel de alarma de temperatura mín. o máx. (consulte las variables A1 y A2, nivel de programación de usuario)	<ul style="list-style-type: none"> • Compruebe que el compresor funciona correctamente. • El sensor no lee correctamente la temperatura, o el control de inicio / parada del compresor no funciona.

Figura 14 Códigos de alarma controlador A-RC 103
Fuente empresa DANFOSS

En la figura 14 anterior se especifica el manual de errores del equipo con sus códigos para que el técnico de reparaciones pueda verificar o detectar el daño más fácilmente

- C. Análisis de la implementación de un variador de frecuencia en el sistema de refrigeración conduce a un ahorro energético en su funcionamiento.

Este variador permitirá controlar el arranque del compresor de manera controlada la rampa de aceleración del equipo.

El VLT FC 103 ayudara a reducir significativamente los costos del ciclo de vida del sistema de refrigeración. Brinda características que optimizan la eficiencia y la confiabilidad, la terminología es muy común en el ámbito de la refrigeración. Haciendo que la instalación y la puesta en marcha sean fáciles y seguras.



Figura 15 variador de frecuencia
Fuente empresa DANFOSS

En la figura 15 se aprecia el variador de frecuencia que va hacer parte del nuevo sistema de refrigeración y este estaría acoplado a el compresor para regular la rampa de frecuencia

Este variador de frecuencia se incorpora al sistema de refrigeración, para controlar el par de arranque del compresor del cuarto frio. Con esto obtenemos un ahorro de energía. Importante, obtendrá una variable que se puede manipular más rápidamente. El compresor podrá controlar la cantidad de refrigerante que ingresa al ciclo. Ajustando la temperatura se puede ahorrar mucha energía, este ahorro energético se puede conseguir al gestionar el tiempo de arranque del motor y al reducir la corriente requerida por el motor ante cambios de temperatura. Cuando la temperatura cambia, el lazo de control funcionará para llevar nuestra variable al punto de ajuste lo más rápido posible y mantenerlo a una velocidad bastante alta de acuerdo con los requisitos del sistema. Este es un beneficio adicional, es decir, reducir la red de suministro de energía. Perturbaciones (picos y caídas de tensión), estrés mecánico en el sistema de acoplamiento (corras, poleas, cojinetes, engranajes y cadenas) y eliminar golpes de presión en los sistemas de bombeo (comúnmente conocido como golpe de ariete).

Otra ventaja de la automatización es que puede mantener con precisión la presión de evaporación requerida y la cámara fría

o la temperatura del proceso, minimizando así las fluctuaciones. Por la noche, la pérdida de calor se reduce y, como el compresor funciona a baja velocidad, se genera menos ruido. Además, se elimina el molesto ruido de arranque y parada. SmartStart guía al usuario a través de la configuración del compresor de refrigeración y requiere que el usuario ingrese datos sobre el sistema de refrigeración en el que funcionarán el compresor y el inversor. Todos los términos y unidades que se utilizan en SmartStart son representantes típicos de los tipos de refrigeración, por lo tanto, se utiliza las dos teclas del LCP para completar la configuración en 10-15 sencillos pasos.

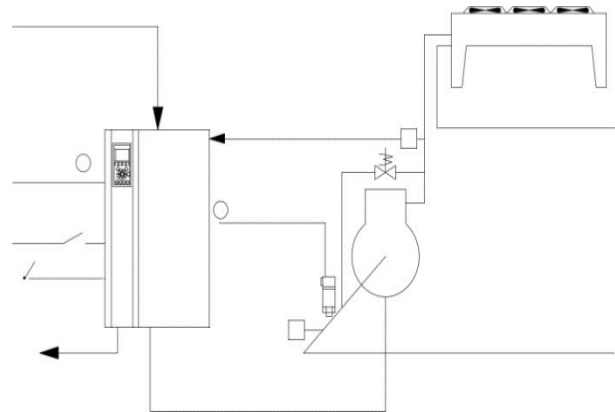


Figura 16 diagrama eléctrico
Fuente empresa DANFOSS

En la anterior figura 16 se observa el diagrama eléctrico de la conexión del variador de frecuencia con el compresor

□ Panel de control local

El panel de control local (LCP) es una combinación de la pantalla y el teclado en la parte frontal del dispositivo. LCP tiene múltiples roles de usuario: Visualización de los datos operativos de arranque, parada y control de velocidad, estado, advertencias y precauciones durante el control local. Programación de las funciones del inversor. Cuando el reinicio automático no es válido, se reinicia el inversor manualmente después de que ocurra una falla

□ Área de la pantalla

Cuando el inversor obtiene energía de la tensión de red a través del terminal del bus de CC o de la fuente de alimentación externa de 24 V CC, se activará el área de visualización. La información que se muestra en el LCP se puede personalizar para la aplicación del usuario. Seleccione la opción en el menú rápido Configuración de pantalla Q3-13.

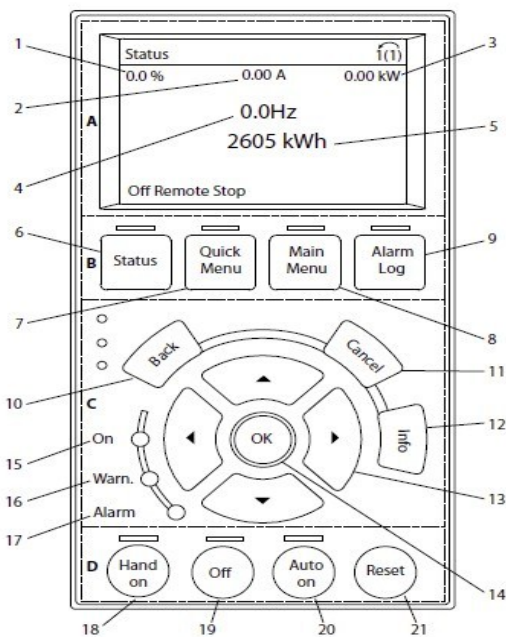


Figura 17 panel frontal variador de frecuencia
Fuente manual de usuario empresa DANFOSS

En la figura 17 se muestra el panel frontal del variador de frecuencia incorporado al nuevo sistema

Llamada	Pantalla	Número de parámetro	Ajustes predeterminados
1	1.1	0-20	Referencia %
2	1.2	0-21	Intensidad motor
3	1.3	0-22	Potencia [kW]
4	2	0-23	Frecuencia
5	3	0-24	Contador de kWh

Tabla 1 parámetros variador de frecuencia
Fuente empresa DANFOSS

□ Puesta en marcha con SmartStart

El asistente SmartStart permite una configuración rápida de la aplicación básica y los parámetros del motor. Después del primer arranque o la inicialización del controlador, SmartStart se ejecutará automáticamente. Siga las instrucciones que aparecen en pantalla para completar la puesta en servicio del inversor. Reactive siempre SmartStart seleccionando el menú de acceso directo Q4-SmartStart.

□ Puesta en marcha mediante

Se proporcionan configuraciones de parámetros sugeridas para el inicio y la prueba. La configuración de la aplicación puede variar. Estos datos deben ingresarse cuando la fuente de alimentación está conectada pero antes de que el inversor comience a funcionar. 1. Pulse [Main Menu] en el LCP.

Utilice las teclas de navegación para desplazarse hasta el grupo de 0-** Func. /Display y pulse [OK].



Figura 18 configuración variador de frecuencia
Fuente empresa DANFOSS

En la figura 18 se observa algunas de las configuraciones generales del variador de frecuencia, tales como carga de motor freno y control de la rampa de ascenso y descenso

Pulse las teclas de navegación para avanzar
Hasta el grupo de parámetros 0-0* Ajustes básicos y pulse [OK].

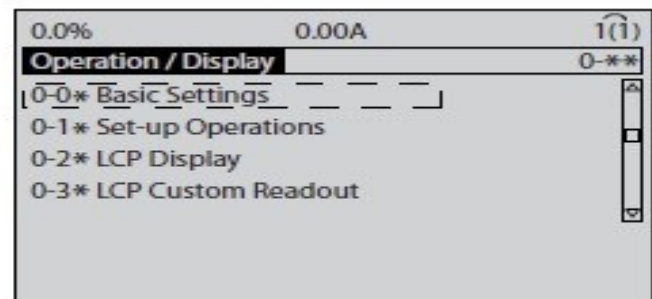


Figura 19 configuración variador de frecuencia
Fuente empresa DANFOSS

Pulse las teclas de navegación para avanzar hasta 0-03
Ajustes regionales y pulse [OK]

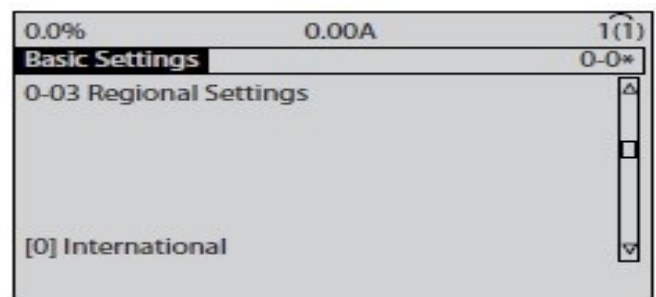


Figura 20 configuración variador de frecuencia
Fuente empresa DANFOSS

Las figuras antes vistas, se aprecia la navegación y la configuración del variador

Pulse las teclas de navegación para seleccionar [0] Internacional o [1] Norteamérica según corresponda y pulse [OK]. (Esto cambia los ajustes predeterminados de una serie de parámetros básicos).

Pulse [Main Menu] en el LCP.

Pulse las teclas de navegación para avanzar hasta 0-01 Idioma.

Seleccione el idioma y pulse [OK].

Si el cable de un puente se coloca entre los terminales de control 12 y 27, deje 5-12 Terminal 27 Entrada digital en el valor

predeterminado de fábrica. De lo contrario, seleccione Sin función en 5-12 Terminal 27 Entrada digital.

3-02 Referencia mínima

3-03 Referencia máxima

3-41 Rampa 1 tiempo acel. Rampa

3-42 Rampa 1 tiempo desacel. Rampa

3-13 Lugar de referencia. Conex. a manual/auto Local Remoto.

Pasos iniciales de programación

Activar el funcionamiento del motor de PM

1-10 Construcción del motor, seleccione [1] PM no saliente SPM

0. Ajuste 0-02 Unidad de velocidad de motor a [0] RPM

Programación de los datos del motor

Después de haber seleccionado motor PM en 1-10 Construcción del motor, se activarán los parámetros relacionados con el motor PM en los grupos de parámetros 1-2* Datos de motor, 1-3* Dat avanz. Motor y 1-4* esta activados.

Puede localizar los datos necesarios en la lámina de características del motor y en la hoja de datos técnicos del motor. Programar los siguientes parámetros en el orden indicado

1-24 Intensidad motor

1-26 Par nominal continuo

1-25 Veloc. Nominal motor

1-39 Polos motor

1-30 Resistencia estator (Rs)

Inserte la línea en la resistencia del devanado del estator común (R.s). Si solo tiene datos fila por fila, divida el valor fila por fila por dos para obtener un valor común (punto de partida).

1-37 inductancia del eje d (L.d) Inserte el cable en la inductancia directa al eje del motor PM. Si solo tiene datos fila por fila, divida el valor fila por fila por dos para obtener un valor común (punto de partida).

Ajuste del motor asíncrono

Escriba los datos del motor en los parámetros del

-20 Potencia motor [kW] o el 1-21 Potencia motor [CV] al

1-25 Veloc. Nominal motor. Encontrará la información en la placa de características del motor.

1-20 Potencia motor [kW] o 1-21 Potencia motor [CV]

1-22 Tensión motor

1-23 Frecuencia motor

1-24 Intensidad motor

1-25 Velocidad. Nominal motor

1-40 f_{cem} a 1000 RPM Introduzca línea a línea la fuerza contra electromotriz del motor PM a una velocidad mecánica de 1000 r/min (valor RMS).

La fuerza contra electromotriz es el voltaje generado por el motor PM cuando el inversor no está conectado y el eje gira desde el exterior. El EMF trasero generalmente se especifica para la velocidad nominal del motor o el valor medido de 1000 r / min entre dos líneas. Si no hay un valor de velocidad del motor de 1000 r / min, calcule el valor correcto de la siguiente manera: Si el EMF trasero es 1800 r / min, por ejemplo, 320 V, se puede calcular a 1000 r / min, como se muestra a

continuación: $EMF \text{ trasero} = (\text{Voltaje} / \text{RPM}) \times 1000 = (320/1800) \times 1000 = 178$. Este es el valor de RPM a programar entre 1-40 f_{cem} y 1000. Prueba de funcionamiento del motor

1. Arranque el motor a velocidad baja (de 100 a 200 r/min). Si el motor no gira, compruebe la instalación, la programación general y los datos del motor.

2. Compruebe si la función de arranque 1-70 PM Start Mode se ajusta a los requisitos de aplicación.

Detección de rotor

Para aplicaciones en las que el motor se pone en marcha desde una posición estacionaria, como bombas o transportadores, se recomienda esta función. En algunos motores, se emite un sonido cuando se envían pulsos. Esto no dañará el motor.

Estacionamiento

Para aplicaciones donde el motor gira a baja velocidad (como la rotación automática en aplicaciones de ventiladores), se recomienda esta opción. Puede establecer una corriente de estacionamiento de 2-06 y un tiempo de estacionamiento de 2-07. Para aplicaciones de gran inercia, aumente la configuración de fábrica de los parámetros.

Arranque el motor a la velocidad nominal. Si la aplicación no se ejecuta normalmente, verifique la configuración de PM de VVCplus. Puedes consultar las sugerencias de diferentes aplicaciones.

Aplicación	Ajustes
Aplicaciones de inercia baja $I_{\text{carga}}/I_{\text{motor}} < 5$	1-17 Const. de tiempo del filtro de tensión para aumentar con el factor 5 a 10 1-14 Ganancia de amortiguación deberá reducirse 1-66 Intens. mín. a baja veloc. deberá reducirse (<100 %)
Aplicaciones de inercia baja $50 > I_{\text{carga}}/I_{\text{motor}} > 5$	Guarda los valores calculados
Aplicaciones con alta inercia $I_{\text{carga}}/I_{\text{motor}} > 50$	1-14 Ganancia de amortiguación, 1-15 Low Speed Filter Time Const. y 1-16 High Speed Filter Time Const. deberán aumentarse.
Carga elevada a velocidad baja <30 % (velocidad nominal)	1-17 Const. de tiempo del filtro de tensión deberá aumentarse 1-66 Intens. mín. a baja veloc. deberá aumentarse (>100 % durante un tiempo prolongado puede sobrecalentar el motor)

Tabla 2. Describe las aplicaciones y ajustes del componente del sistema
Fuente empresa DANFOSS

Si el motor comienza a oscilar a la velocidad especificada, aumente la ganancia de amortiguación 1-14. Aumente gradualmente el valor. Dependiendo del motor, el valor apropiado de este parámetro puede ser un 10% o un 100% mayor que el valor predeterminado.

El par de arranque se puede ajustar en 1-66 Intens. A baja velocidad durante minutos. El par nominal del 100% se proporciona como par de arranque.

□ Optimización automática de la energía (AEO)

AEO no es importante para los motores de imanes permanentes. La función de optimización automática de energía (AEO) es un programa que minimiza la presión del motor, reduciendo así el consumo de energía, el calor y el ruido. Para habilitar AEO, configure el parámetro 1-03 Características de par en [2] Mejor. Coche. Energy CT o [3] es el mejor. Coche. Energía VT. Inicio del sistema El proceso de esta sección requiere que el usuario complete el cableado y la programación del programa de aplicación. Se recomienda realizar los siguientes pasos después de instalar la aplicación. 1. Presione [Inicio automático]. 2. Aplicar comandos de ejecución externos. 3. Ajuste el valor de referencia de velocidad en todo el rango de velocidad. 4. Elimine el comando de ejecución externo. 5. Verifique el nivel de ruido y vibración del motor para asegurarse de que el sistema funcione como se espera.

Los siguientes son manuales de usuario o de programación:

Modo protect.	El modo de protección está activo. La unidad ha detectado un estado grave (una sobrecorriente o una sobretensión). • Para impedir la desconexión, la frecuencia de conmutación se reduce a 1500 kHz si el parámetro 14-55 Filtro de salida se ajusta como [2] Filtro senoidal fijo. De lo contrario, la frecuencia de conmutación se reducirá a 1000 Hz. • Si es posible, el modo de protección finaliza tras aproximadamente 10 s. • El modo de protección puede restringirse en parámetro 14-26 Ret. de desc. en fallo del convert.	En espera	En el modo automático, el convertidor arranca el motor con una señal de arranque desde una entrada digital o mediante comunicación serie.
Parada ráp.	El motor desacelera cuando se utiliza parámetro 9-81 Tiempo rampa parada rápida. • [4] Se ha seleccionado Parada rápida como función para una entrada digital (grupo de parámetros 5-1* Entradas digitales). El terminal correspondiente no está activo. • La función de parada rápida ha sido activada a través de la comunicación serie.	Retardo arr.	En parámetro 1-71 Retardo arr. se ajustó un tiempo de arranque retardado. Se ha activado una orden de arranque y el motor arranca cuando finaliza el tiempo de retardo de arranque.
En rampa	El motor está acelerando / desacelerando utilizando la rampa de aceleración / de aceleración activa. Todavía no se ha alcanzado la referencia, un valor límite o una parada.	Arr. NOR/INV.	[12] Act. arranque adelante y [13] Act. arranque inverso se han seleccionado como opciones para dos entradas digitales distintas (grupo de parámetros 5-1* Entradas digitales). El motor arranca adelante o inverso en función del terminal correspondiente que se active.
Ref. alta	La suma de todas las referencias activas está por encima del límite de referencia fijado en parámetro 4-55 Advertencia referencia alta.	Parada	El convertidor ha recibido una orden de parada desde una de las siguientes fuentes: • LCP • Entrada digital • Comunicación serie
Ref. baja	La suma de todas las referencias activas está por debajo del límite de referencia fijado en parámetro 4-54 Advertencia referencia baja.	Desconexión	Ha tenido lugar una alarma y el motor se ha parado. Una vez solucionada la causa de la alarma, reinicie el convertidor de una de las siguientes maneras: • Pulsando [Reset]. • A distancia, mediante terminales de control. • Mediante la comunicación serie. Pulsando [Reset] o a distancia, mediante los terminales de control o por comunicación serie.
Func. en ref.	El convertidor de frecuencia está funcionando dentro del intervalo de referencias. El valor de realimentación coincide con el valor de consigna.	Bloqueo por alarma	Ha tenido lugar una alarma y el motor se ha parado. Una vez solucionada la causa de la alarma, conecte de nuevo la potencia al convertidor de frecuencia. Reinicie manualmente el convertidor de una de las siguientes maneras: • Pulsando [Reset]. • A distancia, mediante terminales de control. • Mediante la comunicación serie.
Solicitud de ejecución	Se ha emitido una orden de arranque, pero el motor estará parado hasta que reciba una señal de permiso de arranque a través de una entrada digital.	Tabla 8.3 Estado de funcionamiento	
Funcionamiento Modo reposo	El convertidor acciona el motor. La función de ahorro de energía está activada. La activación de esta función significa que actualmente el motor está parado, pero volverá a arrancar automáticamente cuando sea necesario.	AVISO! En modo automático/remoto, el convertidor de frecuencia necesita comandos externos para ejecutar las funciones.	
Velocidad alta	La velocidad del motor está por encima del valor fijado en el parámetro 4-53 Advert. Veloc. alta.		
Velocidad baja	La velocidad del motor está por debajo del valor fijado en el parámetro 4-52 Advert. Veloc. baja.		

Figura 21 Manual de configuración variador Fuente empresa DANFOSS

En la figura 21 se observa el manual de configuración del variador con algunas de sus posibles configuraciones como paradas velocidades y otras más

Entrada de SmartStart:

- Válvula de bypass
- Tiempo de reciclaje (entre arranques)
- Hz mín.

- Hz máx.
- Valor de consigna
- Conexión / desconexión
- 400 / 230 V CA
- Amperios

D. Análisis técnico-económico, la trazabilidad y récord del ahorro energético del sistema.

Se realizó un listado de materiales para sacar los costos de cada componente y además otros costos adicionales (ver tabla 4), con un total de \$22'292.140.

LISTA DE MATERIALES DEL PROYECTO			
Nombre del proyecto:	PROYECTO DE AUTOMATIZACION DE CUARTO FRIO		
Comentarios:	UTILIZAMOS ESTE PROGRAMA PARA SIMULAR NUESTRO PROYECTO		
Creado por:	ALVARO GRANADOS GUTIERREZ		
Imprimido:	Viernes, 1 de Noviembre de 2019		
Preferencias utilizadas:	Aplicaciones industriales		
Cantidad	Descripción del producto	Código	Precio de venta
PROYECTO DE GRADO			
1	Unidad condensadora: OP-LJZ096D49Q, R404A. Unidad evaporadora: MIBx Intense modelo 0084,	115F0420	\$ 6.934.500
1	Cold room controller: A-RC 103	080Z3206	\$ 3.212.637
7,00 m	Tubería de cobre DIN-EN 10 (3/8")		\$ 123.500
1	Válvula solenoide: EVR 6 man v2		\$ 467.740
1	Válvula de expansión termostática: T2 - 4		\$ 500.500
1	Distribuidor: Distributor		\$ 347.100
7 m	Tubería de cobre DIN-EN 28 (1-1/8")		\$ 195.363
1	A-SVI 800 y 880	080Z4001	\$ 4.108.000
1	Variador de frecuencia		\$ 2.850.000
1	Mano de obra		\$ 3.600.000
		VALOR TOTAL	\$ 22.292.140

Tabla 4 Costo total del proyecto Fuente propia

□ Analizando los valores se puede observar un retorno de inversión en 23 meses (ver tabla 4 y 5), dado a que este nos arroja un valor en pesos de 11'962.668. Sacando un promedio x 12 meses se tiene que 11'962.668 ÷ 12 = \$996.889. Con este dato pudimos sacar en cuantos meses tenemos el retorno de inversión así: \$22'292.140 ÷ \$996.889 = 22,36, aproximándolo a 23 meses ya no nos dio una cifra exacta
□ Se llevó a cabo una confrontación, del compresor actual con los datos técnicos del compresor a reemplazar, tal que:

Este compresor consume total en corriente 29.9 A

Consumo en KH/h

$$W = A * V(\sqrt{3})$$

$$W = 29.9 * 220 * 1.73$$

$$W = 11379$$

$$Kw = 11379 \div 1000$$

$$Kw/h = 11,379$$

Tiempo de trabajo 20 horas diarias x 30 días del mes

Consumo promedio = Horas * Días * KW/h

$$\text{Consumo promedio} = 20 * 30 * 11,3$$

$$\text{Consumo promedio} = 6780 \text{ KW/h}$$

Compresor a reemplazar consume total es 20,6.A

Consumo en KW/h

$$W = A * V(\sqrt{3})$$

$$W = 20,6 * 220 * 1.73$$

$$W = 7840$$

$$Kw = 7840 \div 1000$$

$$Kw/h = 7,840$$

Tiempo de trabajo 20 horas diarias x 30 días del mes

Consumo promedio = Horas * Días * KW/h

$$\text{Consumo promedio} = 20 * 30 * 7,8$$

$$\text{Consumo promedio} = 4680 \text{ KW/h}$$

Se obtuvo una reducción de consumo de energía de un 28% aproximadamente.

Si se implementa el sistema automático generaría un 12% de este valor, ya que el arranque del compresor será controlado por el variador de frecuencia, el cual controlará la rampa de aceleración del equipo.

Se realizó una comparación de un censo de carga eléctrica para determinar el consumo en W de cada uno de los componentes y partes del equipo existente con un total 18720 W de consumo y también determinamos el consumo en W de cada uno de los componentes y partes del equipo nuevo. Para un total 15864 W de consumo. Realizando la comparación de componentes existentes y los nuevos componentes, podemos apreciar que al ahorro energético promedio esta entre 2,856 W solo con la incorporación de los nuevos componentes, teniendo teóricamente en un 15.25%

Retorno De La Inversión Del Proyecto

El retorno de la inversión del proyecto está estipulado en 23 meses de consumo de energía. Tiempo en el cual, se tendrá un ahorro aproximado del 40% de la facturación de energía eléctrica.

RETORNO DE LA INVERSIÓN AÑO 2020					
FACTURACIÓN	KW/H 2019	KW/H 2020	AHORRO EN KW/H DEL 40%	VALOR \$ KW/H	TOTAL
ENERO	4.802	2.881	1.921	492,38	\$ 945.764
FEBRERO	5.260	3.156	2.104	492,38	\$ 1.035.968
MARZO	4.925	2.955	1.970	492,38	\$ 969.989
ABRIL	5.142	3.085	2.057	492,38	\$ 1.012.727
MAYO	4.836	2.902	1.934	492,38	\$ 952.460
JUNIO	5.246	3.148	2.098	492,38	\$ 1.033.210
JULIO	4.986	2.992	1.994	492,38	\$ 982.003
AGOSTO	5.126	3.076	2.050	492,38	\$ 1.009.576
SEPTIEMBRE	4.798	2.879	1.919	492,38	\$ 944.976
OCTUBRE	5.348	3.209	2.139	492,38	\$ 1.053.299
NOVIEMBRE	4.945	2.967	1.978	492,38	\$ 973.928
DICIEMBRE	5.325	3.195	2.130	492,38	\$ 1.048.769
				TOTAL	\$ 11.962.668

Tabla 5 retorno de inversión del proyecto

Fuente propia

Tabla 5 se describe el retorno de la inversión del proceso mes por mes con sus respectivos datos.

CONCLUSIONES

Se determina lo siguiente:

- Del sistema actual se pudo analizar que los componentes son obsoletos y generan un consumo elevado de energía.
- Se pudo analizar de los métodos estudiados como el controlador lógico programable (PLC), el segundo el sistema PLC combinado con un variador de velocidad y por último el variador de velocidad y un nuevo compresor donde no hubieron resultados exitosos de selección, y que el modelo de automatización del coolselector2 es el más óptimo en consumo energético y eficiencia
- Se observó que el sistema coolselector2 es muy útil para realizar un análisis del estado actual y poder determinar que componentes se deben cambiar para alcanzar ahorros energéticos óptimos para poder invertir.
- Se puede incorporar modulo inteligente como lo es el controlador de la interfaz AK-SM 800, Controlador AK-RC103, Variador de frecuencia VLT FC 103 y cambios del sistema de refrigeración actual.
- Con la adaptación del Variador de frecuencia VLT FC 103 se obtendrá un bajo consumo de energía hasta un 50%.
- Debe combinarse Controlador AK-RC103, alcanza menos pérdidas de corriente por componentes eléctricos y el controlador de la interfaz AK-SM 800, es al que se le digita o introducen todos los datos técnicos y parámetros de enfriamiento

- Solamente con la incorporación de los nuevos componentes del sistema de refrigeración, se obtendrá 15.25% en ahorro energético
- La implementación de este proyecto ofrecerá un ahorro significativo aproximadamente del 40% del consumo energético, generando también un aumento en la vida útil de todo el sistema frigorífico y un retorno de inversión en 23 meses.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda la capacitación del personal de mantenimiento, para que conozca la implementación del nuevo sistema y pueda reaccionar ante cualquier falla presentada en el sistema frigorífico.
- Se debe hacer efectiva la compra de componentes materiales, equipos de óptima calidad y no cambiar el sistema automático emitido por esta herramienta, para que se logre el ahorro energético requerido.
- El equipo que se propone para el sistema automático de la cámara frigorífica o cuarto frío es adecuado para un cuarto de mediano tamaño, para la implementación en una cámara frigorífica de grandes dimensiones se sugiere desarrollar los estudios correspondientes para dimensionar los equipos adecuadamente
- La rampa de aceleración que se programa en el variador de frecuencia debe ser ajustada acorde a las dimensiones de la cámara frigorífica o cuarto frío, pero puede variar de acuerdo al tamaño de este.
- De la misma forma, según el tamaño de la cámara fría o cuarto frío, otros componentes con diferentes rangos de medición pueden ser reemplazados por los componentes recomendados para la medición de las variables de proceso en el proyecto.
- Se debe contar con conectividad a internet para garantizar la conexión remota del sistema.
- En caso de demoras en la ejecución del proyecto se deben actualizar los precios de los componentes y materiales a utilizar
- Se recomienda una rutina de mantenimiento consistentes en:
 - Revisiones e inspección
 - Verificación de condiciones
 - Reparaciones
 - Limpieza de componentes como serpentines ventiladores válvulas y sensores
 - Programa de pruebas y control de instrumentos.

REFERENCIAS

- 1] Danfoss, «Guía de funcionamiento VLT® Refrigeration Drive FC 103. 355-800 kW, Tamaño de alojamiento E,» Danfoss Group, 2017.
- 2] DANFOSS, «Coolselector 2,» Danfoss, 29 05 2020.
- 3] ABB, «Variadores para la mejora de eficiencia energética en compresores,» ABB Group, 2017. 4] Parker Mexico Team, «Parker,» 03 05 2018. [En línea]. Available: [Último acceso: 15 Octubre 2019].
- 5] Danfoss, «Danfoss,» [En línea]. Available: <https://www.danfoss.com/en/products/ac-drives/dds/vlt-refrigeration-drive-fc-103/#tab-overview>. [Último acceso: 16 Octubre 2019].
- 6] I. A. Cadenas, Dirección, Como funciona compresor inverter. [Película]. España.2018.
- 7] Danfoss, «Danfoss,» [Danfoss group 2017
- 8] Danfoss, «Válvula solenoide Tipos EVR2 - EVR 40 Versión 2,» Danfoss Group, 2017.
- 9] Danfoss, «Guía de funcionamiento VLT® Refrigeration Drive FC 103 355-800 kW, Tamaño de alojamiento E,» Danfoss Group, 2017.
- 10] Danfoss, «Unidades Condensadoras OPTYMATM,» Danfoss Group, 2014.
- 11] p. j. P. J. Rapin, Instalaciones frigoríficas, Barcelona: MARCOPOMBO S.A., 1997.
- 12] G. D. S. Maimone, «Metodología de la investigacion,» 16 02 2011.
- 13] L. D. M. SOLIS, «INVESTIGALIA,» 21 05 2019.
- 14] O. A. V. Magín Lapuerta Amigo, Frío industrial y aire acondicionado, castilla: Ediciones de la universidad de castilla-la mancha, 2012.
- 15] M. P. Martín, Montaje y mantenimiento de instalaciones frigoríficas industriales, Madrid: Paraninfo S.A., 2013. 16] J. G. C. A. N. G. Juan Manuel Escaño González, Integración de sistemas de automatización industrial, Madrid: Paraninfo S.A., 2019.