

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

IMPROVEMENT IN ENERGY EFFICIENCY IN A DOMESTIC REFRIGERATION
SYSTEM

Martha Elia García Reboloso¹
Karina Vega García²
Roxana Colunga Jaime³
Tomás Norberto Martínez García⁴
Christopher Isis George Zúñiga⁵
Adrián Eduardo Torres García⁶

RESUMEN

Por más de un siglo, los productos Whirlpool han sido sinónimo de confianza y vanguardia gracias al compromiso de Whirlpool Corporation con sus consumidores en el mundo. Sus características de calidad como durabilidad excepcional, funcionalidad, desempeño tecnológico, eficiencia en el consumo y ahorro de agua / energía / consumibles y productos robustos, son encontrados en nuestros diferentes portafolios de productos, los más extensos y completos en la oferta al mercado mexicano.

El departamento de refrigeración CETEC (centro de tecnología), la principal función es buscar el confort humano desarrollando los mejores productos y de la manera más eficiente cumpliendo con los estándares de calidad. En refrigeración hacemos usos de recursos como los laboratorios y las cámaras térmicas para poder desarrollar productos que cumplan con los estándares de calidad, así como también, desarrollamos proyectos de costo y calidad en el cual nosotros junto con los subsistemas de Whirlpool hacemos posible el innovar y mejorar nuestros productos.

Una problemática que encontramos hoy en día a nivel mundial es el daño a la capa de ozono del planeta debido a un alto uso de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles y un porcentaje de este es debido al alto consumo de energía en los electrodomésticos. Esta problemática fue considerada para la creación de este proyecto en

¹ Profesora de Tiempo Completo y Secretaria de Desarrollo Institucional de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. martha.garciarb@uanl.edu.mx

² Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. ari_vg@hotmail.com

³ Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. roxanacolunga@gmail.com

⁴ Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. ingtomas76@hotmail.com

⁵ Profesora de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. khrisgeorge@gmail.com

⁶ Estudiante del PE Ingeniero Administrador de Sistemas en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León. adrián.torres.grc@uanl.edu.mx



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

el cual buscamos reducir el porcentaje de consumo energético en una unidad de refrigeración de uso doméstico mediante la mejora de un sistema de refrigeración por cambios de componentes, en este proyecto utilizaremos la metodología científica para demostrar mediante experimentación de pruebas de laboratorios y en la planta el porcentaje de ahorro económico y de reducción de consumo eléctrico mediante datos cuantitativos.

PALABRAS CLAVES: Eficiencia, Energética, Sistema.

Fecha de recepción: 02 de marzo, 2023.

Fecha de aceptación: 31 de marzo, 2023.

ABSTRACT

For more than a century, Whirlpool products have been synonymous with trust and cutting-edge thanks to Whirlpool Corporation's commitment to its consumers around the world. Its quality characteristics such as exceptional durability, functionality, technological performance, efficiency in consumption and savings of water / energy / consumables and robust products, are found in our different product portfolios, the most extensive and complete in the offer to the Mexican market.

The CETEC refrigeration department (technology center) the main function is to seek human comfort by developing the best products and in the most efficient way, complying with the quality standards. In refrigeration we make use of resources such as laboratories and thermal cameras to develop products that meet quality standards, as well as, we develop cost and quality projects in which we, together with Whirlpool subsystems, make it possible to innovate and improve our products.

A problem that we find today worldwide is the damage to the planet's ozone layer due to a high use of greenhouse gases due to the use of fossil fuels and a percentage of this is due to the high energy consumption in the home appliances. This problem was considered for the creation of this project in which we seek to reduce the percentage of energy consumption in a refrigeration unit for domestic use by improving a refrigeration system by changing components. In this project we will use scientific methodology to demonstrate Through experimentation of laboratory tests and in the plant the percentage of economic savings and reduction of electrical consumption through quantitative data.

KEYWORDS: Efficiency, Energy, System

INTRODUCCIÓN

En la empresa Whirlpool, particularmente en el departamento de refrigeración CETEC (centro de tecnología), una problemática que se encontró hoy en día a nivel mundial es el daño a la capa de ozono del planeta debido a un alto uso de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles y un porcentaje de este es debido al alto consumo de energía en los electrodomésticos. Esta problemática fue considerada para la creación de este proyecto en el cual buscamos reducir el porcentaje de consumo energético en una unidad de refrigeración de uso doméstico mediante la mejora de un sistema de refrigeración por cambios de componentes, en este proyecto utilizaremos la metodología científica para demostrar mediante experimentación de pruebas de laboratorios y en



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

la planta el porcentaje de ahorro económico y de reducción de consumo eléctrico mediante datos cuantitativos.

En el presente proyecto de investigación se realizará un análisis de un de un sistema de refrigeración mediante cambio de compresor y tubo capilar los cuales se deberán aprobarán mediante pruebas de funcionamiento y seguridad para evaluar el funcionamiento de los componentes y haciendo una comparación con el componente actual de la línea base para tener datos verídicos y pruebas que nos ayuden a respaldar la mejora en el producto, esto a través de la alineación de grupos de trabajo en la planta de producción

JUSTIFICACIÓN

Para lograr la mejora de nuestro ciclo de refrigeración es importante conocer en qué áreas podemos ver las oportunidades de mejora en nuestros componentes, para esto es importante tener contemplados los datos necesarios para realizar una acción de mejora.

Para lograr esta mejora de rendimiento energético se buscará utilizar herramientas de trabajo como las cámaras térmicas, apoyo de técnicos para la medición de datos y el apoyo de subsistemas para tener controlado todo el material que necesitaremos para realizar las pruebas que serán realizadas dentro de las cámaras térmicas con la finalidad de obtener cuantitativamente los resultados de mejora al hacer estos cambios de componentes, así mismo se realizarán pruebas de seguridad una vez realizados nuestros cambios de componentes para determinar que el proceso está controlado y tiene buenos resultados de seguridad para el cliente.

La importancia de buscar una mejora de rendimiento energético es para que nuestros productos puedan ser catalogados como productos de calidad y estemos reduciendo el consumo energético en los hogares que tienen alta demanda energética y así mismo mejorar el gasto económico que las familias realizan.

A continuación, se mostrarán los resultados de energía (grafico 1) que tenemos actualmente en nuestros productos ya que nuestro objetivo de consumo energético como mínimo es 617.74 kWh/año y en la gráfica se muestra lo que actualmente tenemos en energía en las unidades de producción actual, se realizó el análisis respecto al tamaño de número de muestra con el que contamos que es de 22 unidades tal como se mencionó en el apartado población y muestra y se utilizaron 2 unidades adicionales para este análisis en el cual se obtuvieron los siguientes resultados de manera gráfica:

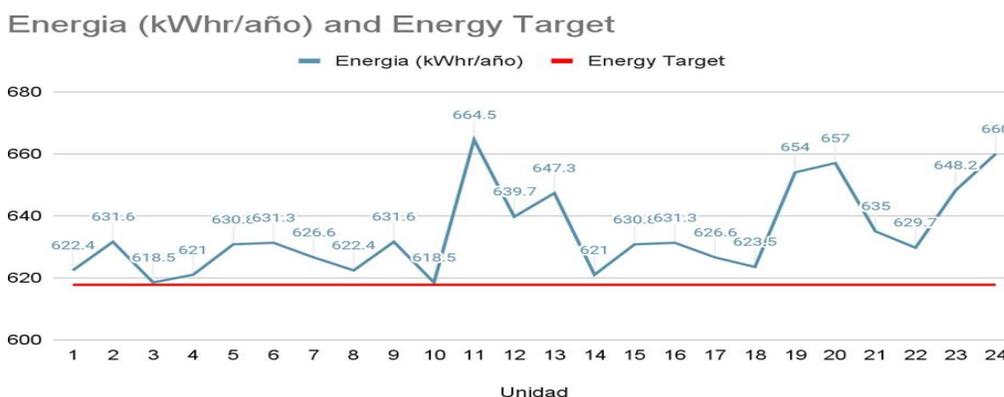


Gráfico 1. Consumo energético actual.

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

Como se puede observar en el gráfico 1 con respecto al consumo energético actual oscila entre los 618.5 kWh/año y el máximo es 664.5 kWh/año por lo que no alcanzan el requerimiento mínimo que necesitamos de energía. Con base en estos datos podemos justificar la necesidad de realizar una mejora que será el objetivo del presente proyecto de investigación.

METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto enfocado hacia el costo y la calidad realizaremos como primera parte una evaluación del ahorro económico para poder tomar la decisión de si es factible o no el cambio debido a la inversión de tiempo y de herramientas de trabajo para la realización del mismo, esta primera fase de proyecto la llamamos “CV” (Validación del concepto), explicaremos a continuación que otras actividades se realizarán en esta fase para evaluar que el cambio de componentes es factible, así como se propone la siguiente Hipótesis: ¿Si se realiza la metodología de mejora del proceso de sistema de refrigeración con los cambios de componentes (compresor y tubo capilar), se mejorará el consumo energético, así como también se mejorará el funcionamiento del sistema de refrigeración llevándonos a un ahorro económico?

Mediante el apoyo de gráficos evaluaremos nuestros tiempos de pruebas que serán necesarias para desarrollar el cambio y que sea acreditable. Haremos uso de gráficos y tablas para la facilitación de nuestros datos que estaremos obteniendo de las investigaciones y poder analizar mejor los datos comparativos de nuestros componentes actuales y una vez realizado el cambio de componentes en nuestra unidad evaluaremos pruebas de energía, empaque, entre otras.

Ya teniendo los datos de las pruebas y al haberlos analizado realizaremos eventos en planta que son de aprobación y tratan básicamente de realizar el ensamble de los nuevos componentes en unidades para tener la información de que están ensamblando de forma correcta sin contar con alguna interferencia entre componentes y así mismo ver áreas de oportunidad de mejora de los diseños de los mismos. Una vez pasemos la fase de construcción de los eventos en planta si los resultados en los laboratorios dentro de las cámaras térmicas las cuales son “Consumo energético, deshielo de agua, abatimiento y determinación de carga” son positivas pasaremos a la fase de DV en la cual todos los detalles serán explicados más adelante.

Una vez tengamos los datos recolectados de nuestra fase de validación de concepto y obteniendo resultados positivos, esto quiere decir que los componentes se hayan comportado de la manera que buscamos, pasaremos a la fase llamada “DV” (Validación de diseño) en la cual como su nombre lo dice se validará el diseño de los componentes realizando algunos cambios, si es considerable, en los componentes que ensamblan con el compresor en orden de tener nuestros procesos controlados y no tener problemas de interferencias en nuestros ensambles.

Por último, la fase de PV (Validación del proceso) se realizan pruebas de pre-piloto y pilotos en la cual realizamos una construcción de 15 unidades para motivos de pruebas y 30 unidades vendibles ya con los ensambles de componentes realizados en la línea para poder empezar la producción ya con los componentes evaluados y aprobados.

Objetivos general

Mejora de consumo energético en un sistema de refrigeración mediante el cambio de componentes que benefician el ciclo de refrigeración con la finalidad de obtener mejoras en costo y calidad.

Este proyecto será desarrollado en fases para su implementación en la cual se irán realizando pruebas en refrigeradores para la validación del concepto del cambio de componentes con la

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

finalidad de obtener resultados que nos ayuden a ver la mejora del sistema y el ahorro de energía que obtendremos.

Objetivos Específicos (OE)

Objetivo Específico 1.- Identificación del problema mediante análisis de datos de costo de componentes y gráficos de funcionamiento de los productos para detectar la situación actual contra lo propuesto.

Objetivo Específico 2.- Planeación de pruebas requeridas para validar el consumo energético, pruebas de control y seguridad para nuestros clientes. Muestra grafica de los resultados obtenidos en distintas pruebas de laboratorio realizadas.

Objetivo Específico 3.- Programar eventos en planta para mostrar los ensambles de los nuevos componentes en un producto con la finalidad de validar los resultados obtenidos en las pruebas y en las construcciones para así brindar la validación de nuestros componentes y cumplir con los requerimientos necesarios para la implementación del proyecto.

Objetivo Específico 4.- Mostrar gráficamente los ahorros de energía y de costo con nuestro cambio de compresor y tubo capilar para demostrar en base a las pruebas que se realizaron en laboratorio y en planta que el ahorro es considerable e implementar el nuevo modelo.

MARCO TEÓRICO

En la empresa Whirlpool, particularmente en el departamento de refrigeración CETEC (centro de tecnología), se considera que los sistemas de refrigeración por absorción de vapor son la mejor alternativa a los sistemas de refrigeración por presión de vapor, que requieren electricidad y causan problemas de agotamiento de la capa de ozono. Los sistemas de enfriamiento por absorción tienen costos operativos más bajos porque no se requieren efectos externos como en los sistemas de enfriamiento por presión de vapor. En el sistema de refrigeración, tenemos intercambiadores de calor que pueden realizar un ciclo de refrigeración eficiente, evaporador, intercambiador de calor por absorción, intercambiador de calor de solución, generador y el condensador es un intercambiador de calor. (Talpada, 2018).

Los ciclos de refrigeración por absorción se clasifican en cuatro tipos: un ciclo de acción simple, un circuito externo, un circuito interno y un ciclo combinado de presión y empuje. El ciclo de efecto simple es un ciclo de refrigeración por absorción simple y eficaz y solo puede funcionar en condiciones limitadas. El ciclo de etapas múltiples está diseñado utilizando el calor del anillo exterior y la conexión a tierra, lo que mejora la eficiencia y la temperatura. El ciclo de refrigeración por absorción se construye utilizando un bucle de acoplamiento interno conocido como ciclo de intercambiador de calor de solución de absorción del generador, que mejora la flexibilidad del ciclo y la recuperación de calor interna, mientras que se implementa el ciclo de compresión del inyector que proporciona una mejor refrigeración y eficiencia del ciclo para un mejor análisis de potencia y energía. que el sistema de refrigeración por absorción de doble efecto. Descubrieron que el COP de este sistema aumentaba al aumentar la temperatura del evaporador, pero la eficiencia energética disminuía al aumentar la temperatura del evaporador. En resumen, a medida que aumenta la temperatura del generador, el COP de este sistema aumenta relativamente, pero la eficiencia energética disminuye con el aumento de la temperatura del generador. (Li., 2016)

Para mayor integridad en el ciclo de refrigeración mixta, un artículo de la India nos dice que en los sistemas de refrigeración mixta el vapor refrigerante se comprime mecánicamente y se aspira a una

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

solución líquida. Este sistema es más eficiente que los sistemas convencionales de refrigeración por presión de vapor debido a la menor diferencia de presión en el compresor para una temperatura ambiente dada y una capacidad de enfriamiento mejorada. (Talpada, 2018)

En general, los sistemas de refrigeración están experimentando un crecimiento importante debido a la preocupación medioambiental por su elevado consumo energético. En estos sistemas, el condensador o torre de enfriamiento es un dispositivo termodinámico que transfiere calor del refrigerante más caliente al refrigerante más frío con o sin cambio de fase. La eficiencia del sistema de enfriamiento depende directamente de la eficiencia térmica del condensador (o torre de enfriamiento). Sin embargo, la observación de que estos intercambiadores de calor son muy sensibles a las condiciones climáticas puede reducir significativamente su eficiencia térmica e incluso provocar fallas en la instalación (Rouag, 2016). Por ejemplo, la temperatura límite de funcionamiento de un sistema de refrigeración a presión de vapor depende en gran medida de la temperatura del aire ambiente, que no supera los 46 °C a 50 °C, según las condiciones de funcionamiento de la máquina, pero de hecho las temperaturas pueden superar este límite en verano y pueden al alcanzar los 57 °C en algunas zonas calientes, estas temperaturas críticas provocan un mal funcionamiento de los sistemas de refrigeración, lo que los hace incapaces de funcionar de forma continua. (Jamshidi, 2019) Esta situación requiere la provisión de una fuente de enfriamiento adicional para garantizar que la temperatura del aire permanezca por debajo de los límites operativos. La solución técnica propuesta en este estudio se basa en un recurso verde renovable llamado energía geotérmica (Al-Khoury, 2011). El principio de la energía geotérmica es el intercambio de calor con el interior de la Tierra. Generalmente, esta energía se utiliza para producir calefacción y refrigeración o para producir electricidad. Según el conocimiento de los autores, no se han realizado clasificaciones geotérmicas en la literatura. Algunos autores han clasificado la energía geotérmica utilizando el rango de temperatura en cuatro categorías: alta (>180 °C), media (>100 °C), baja (>30 °C) y muy baja (10-30 °C). Algunos autores han clasificado los campos geotérmicos en dos tipos: sistemas geotérmicos profundos (~400 m de profundidad) y sistemas someros (<400 m de profundidad). Los sistemas geotérmicos poco profundos no requieren entornos geológicos inusuales ni gradientes geotérmicos elevados. (Rouagab, 2020)

Para reducir el consumo de energía del compresor, la investigación se realizó principalmente en optimizar el funcionamiento del compresor, para ello la velocidad del compresor varía de acuerdo a la demanda de refrigeración y se ha mantenido.

El agotamiento del ozono, y el aumento del calentamiento global son la causa principal para la investigación de refrigerantes alternativos, los mismos que se han centrado a refrigerantes hidrocarburos, HC, por sus excelentes propiedades termodinámicas que los vuelven más eficientes, además de poseer cero potenciales de agotamiento del ozono (ODP) y bajo potencial de calentamiento global (GWP), de ahí que se han realizado amplias investigaciones para verificar y mejorar tales afirmaciones, los resultados obtenidos se presentan a continuación:

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

<i>Nro. De Refrigerante</i>	<i>Nombre Químico</i>	<i>Tiempo de vida en la atm (años)</i>	<i>PAO (ODP)</i>	<i>PCA (GWP)</i>
R11	Triclorofluorometano	50	1	3800
R12	Diclorodifluorometano	102	1	8100
R22	Clorodifluorometano	12.1	0.055	1500
R134a	1,1,1,1,2-tetrafluoretano	14.6	0	1300
R290	Propano	<1 hora	0	0
R500	R-12/152a (73.8/26.2)		0.74	6010
R600	Butano	<1 hora	0	0
R717	Amoníaco	N/A	0	0
R744	Dióxido de carbono	N/A	0	1

Tabla 1. Comparación del impacto ambiental de los refrigerantes tradicionales con los HC.

En la tabla 1. Comparación del impacto ambiental de los refrigerantes tradicionales con los HC, se puede observar el número del refrigerante, su nombre químico, el tiempo de vida, el PAO y el PCA.

<i>Refrigerante</i>	<i>Nro.</i>	<i>Límite Inf. De Inf, (L.I.I)</i>		<i>Temperatura de autoignición</i>
		<i>%(vol.)</i>	<i>ρ(kg/m³)</i>	<i>(°C)</i>
<i>Propano</i>	<i>R-290</i>	<i>3.0</i>	<i>0.037</i>	<i>515</i>
<i>Butano</i>	<i>R-600</i>	<i>2.1</i>	<i>0.038</i>	<i>470</i>
<i>Isobutano</i>	<i>R-600a</i>	<i>1.8</i>	<i>0.043</i>	<i>460</i>
<i>Propileno</i>	<i>R-1270</i>	<i>2.5</i>	<i>0.043</i>	<i>455</i>

Tabla 2. Propiedades de inflamabilidad de gases hidrocarburos.

En la tabla 2. Propiedades de inflamabilidad de gases hidrocarburos se puede mostrar el nombre del químico, el Límite inferior de inf. (L.I.I.), así como la auto cognición. La evaluación cuantitativa de riesgos QRA, que evalúa la probabilidad y la gravedad de la ignición del refrigerante en caso de fuga, se ha utilizado para evaluar el riesgo de ignición de los refrigerantes HC en los refrigeradores (tabla 2). Se probaron las fugas de refrigerante y los efectos de ignición para validar los modelos de difusión y efectos. Se encontró que el riesgo era insignificante en comparación con el valor de fondo y otros valores de referencia, y el riesgo también se redujo al mantener el ventilador en modo ventilador, lo que permitió la dispersión de la fuga de refrigerante, evitando la concentración en el ambiente. Reducir a medida que aumenta el tamaño de la habitación.

Sobre el efecto de los nanolubricantes de TiO2 en el rendimiento del R600a en sistemas de refrigeración domésticos por compresión de vapor, según A Babarinde. Se concluye de la siguiente manera: 1) La temperatura del aire del evaporador más baja se obtiene en el sistema cuando es agregada una especie el lubricante TiO2 Nano en comparativa con el fluido base con una concentración de nanolubricante de 0,4 g/L que nos brinda la temperatura del aire del evaporador más fría. 2) El COP aumento en las unidades con refrigerante R600a de nanolubricante a diferencia de R134a el R600a con un lubricante base en el sistema en nanolubricante de 0.4g/L de concentración se obtiene el COP más alto en el sistema. 3) Se redujo el consumo energético durante todo el uso del nanolubricante TiO2. 4) La conductividad térmica del sistema nos demostró mejor



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

funcionamiento con nanolubricante TiO₂ dentro del sistema. 5) R600a en nanolubricante de TiO₂ nos brinda una mejora en el rendimiento a comparación con R134a y R600a en el lubricante base durante todo el procedimiento. (Babarinde, 2019)

En los sistemas pequeños de refrigeración y aire acondicionado por compresión de vapor, los capilares se utilizan a menudo como dispositivos de expansión para reducir la presión del refrigerante del condensador al evaporador. Los investigadores propusieron dependencias de flujo másico para diferentes tamaños de capilares uniformes y condiciones de flujo. Fue desarrollado para R-12, R-22, R-134a, R 290, R-600a, R-410A, R-407C y R-404A. Él mismo desarrolló modelos algebraicos para predecir el flujo másico, la longitud y el diámetro de los capilares adiabáticos rectos. El modelo desarrollado ha sido validado comparando los resultados experimentales del R-134a y el R-600a. La comparación del modelo propuesto con los resultados experimentales muestra que el 91% de todos los datos están dentro del $\pm 10\%$ del rango de error. Los científicos (Hermes, 2010) desarrollaron la idea del modelo teórico para estudiar el flujo características del R-134A en tubos capilares rectos no adiabáticos.

La creciente preocupación por el calentamiento global causado por las emisiones de gases de efecto invernadero ha llevado a la industria de los electrodomésticos a seguir mejorando la eficiencia energética de sus productos. Como uno de los electrodomésticos más importantes, el refrigerador consume alrededor de una quinta parte de la electricidad del hogar y su vida útil puede llegar a ser de 10 a 15 años (SOL, 1999). En respuesta a regulaciones más estrictas en el futuro, se han considerado varias opciones de diseño para mejorar la eficiencia energética de RF de los hogares de diseño tradicional, por lo que surge el proyecto ahorro energético en refrigeradores. Según un estudio realizado en China, una forma que afecta la eficiencia energética de los refrigeradores domésticos es que la escarcha en el evaporador puede afectar el ahorro de energía durante el funcionamiento del refrigerador, ya que se acumulará en el evaporador, la superficie reducirá el flujo de aire, la velocidad del evaporador y la salida de calor (Karatat, 2004), resultando en 35% – 60% menos COP (coeficiente de rendimiento). 35% – 57% menos en capacidad de calor y 20% aumento en capacidad energética (NI, 2019).

CASO EXPERIMENTAL

El objetivo del siguiente proyecto es mejorar el consumo de energía en unidades de refrigeración doméstica en base a pruebas de rendimiento y mejora de la calidad de componentes siguiendo un método científico y así mismo lograr la mejora continua de nuestros productos.

Objetivo general

Mejora de consumo energético en un sistema de refrigeración mediante el cambio de componentes que benefician el ciclo de refrigeración con la finalidad de obtener mejoras en costo y calidad.

OE 1. Identificación del problema mediante análisis de datos de costo y gráficos de funcionamiento de los productos.

En el departamento de CETEC Whirlpool nos encargamos de llevar en análisis de todos los proyectos de costo y calidad, así como también de correr distintas pruebas en los laboratorios con la finalidad de aprobar que lo que estamos vendiendo actualmente cumpla con los estándares de calidad y tener nuestros productos controlados, además, son utilizada para mejorar los productos y conocer a detalle las áreas de oportunidad para las mejoras de estos mismos. Comenzaremos describiendo el costo que tenemos en nuestros componentes que afectamos con este proyecto, así como sus componentes derivados del compresor que tendrán costo extra por ser parte del cambio de diseño del compresor, con la finalidad de hacer una comparativa de costos de lo que contamos actualmente con nuestra producción de línea base con lo que queremos implementar en el futuro según la

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

ENERGY CONSUMPTION		
Evaluation	kW-h/year	
Results		
Std Energy IM 2014	617.74	1.692428767

Tabla 5. Consumo energético anual.

En este proyecto estamos planeando reducir el consumo energético que el compresor nos ofrece desde 631 btu/hr a 614 btu/hr y el ahorro se planea que sea de \$22.69 (costo actual) a \$21.26 dólares (costo de propuesta). Además, el cambio de tubo capilar nos estaría ayudando a mejorar la eficiencia energética.

Formato A3

En este formato llevamos a cabo todo el desarrollo de nuestro proyecto y el control del mismo para documentar toda la información necesaria para la facilitación de presentación del mismo y tener toda la información en un mismo documento dentro de este formato colocamos en la primera página lo que viene siendo el nombre del proyecto el ingeniero encargado del proyecto, tipo de proyecto, análisis de costos y nivel de confianza del proyecto tal como se muestra en la figura siguiente:

Figura 9. Formato A3.

Title		<i>[Project Name]</i>	
Background			
Project Description		<i>[Brief description of the proposal]</i>	
Platform	<i>SD</i>	Region	<i>LAR</i>
Subsystem	<i>Mechanical Structures</i>	Plant	<i>Not Listed</i>
Module	<i>[Module name]</i>		
Proposal			
Current		Proposal	
Current design explanation: -Picture -Drawing -Description -Competitor info [Recommendation to insert pictures: Use the function Insert > Drawing]		Proposal design explanation: -Picture -Drawing -Description -Competitor info [Recommendation to insert pictures: Use the function Insert > Drawing]	

Es importante mencionar que este formato A3 sería la portada principal que nosotros estamos usando para exponer el proyecto ya que como se comentó anteriormente este formato contiene toda la información esencial para el desarrollo del proyecto, los siguientes puntos son importantes destacarlos para el mejor entendimiento del ahorro de este proyecto:



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

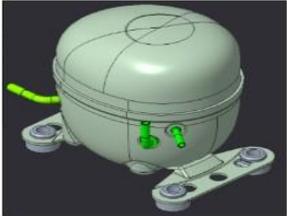
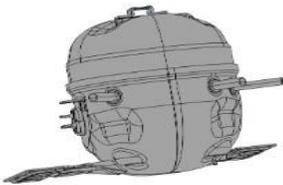
Title		Change compressor model A to Model B	
Background			
Project Description	Change compressor from TB1114 to ESX55CBC to have a good savings		
Platform	FDBM	Region	NAR
Subsystem	Cooling	Plant	Supsa
Module	Compressor		
Proposal			
Current	Proposal		
Current design explanation: The FDBM platform use the model A compressor Weight: 7.6Kg	Proposal design explanation: Change to model B compressor Weight: 5.28Kg		
Description: The model A compressors have a cooling capacity of 631 of Btu/h, and an energy efficiency of 7.37 Btu / Wh	Description: The model B compressor have a cooling capacity of 614 Btu/h, and an energy efficiency of 7.07 Btu/Wh		
Competitor info: Landed Cost: \$ 22.69	Landed Cost: \$21.26		
Picture:	Picture:		
			
Analysis			
Next Steps			
Leadtime (for execution plan)	Charge determination	0.25	
	Energy Consumption, Pull Down, No Load Test	1.25	
	Packaging tests	1.25	
	GPA Closure	0.25	
	Prepilots, Pilots, SOP	3	
	Lead Time (months)	6	
CAPEX	Sample Request	\$2,500	
	Tool Cost	\$20,000	
	Total Cost	\$22,500	
Ver			
Saving YoY	\$571,549		
AVG Unit Saving	\$4.15		
Full Volume	137,673		
Confidence Level	100%		

Figura 10. Información del proyecto presentado en formato A3.

En el recuadro derecho (next steps) tenemos determinados la cantidad de meses que nos costará realizar cada una de las pruebas descritas, las pruebas que estaríamos corriendo en este proyecto para conocer sobre la eficiencia de nuestro cambio de compresor y tubo capilar vendrían siendo la siguientes: 1) Determinación de carga (1 semana), 2) Consumo energético, pull down, no load test (1 mes 1 semana), 3) Pruebas de empaque (1 mes 1 semana), 4) Cierre de GPA (1 semana), 5) Pre pilotos, pilotos y SOP (3 meses). Dándonos un total de 6 meses de ejecución del plan para este proyecto cumpliendo adecuadamente con cada fase del proyecto, trabajaremos en base a nuestra fecha de lead time así como también es importante cumplir en este tiempo señalado ya que de lo contrario sería más gasto el estar retrasando el proyecto. Siguiendo de lead time tenemos la fila referente al CAPEX el cual nos señala el costo que tendremos al solicitar las muestras de componentes para este proyecto, así como también todo el herramental incluyendo la cantidad de unidades que estaríamos construyendo en nuestras fases de trials.

Para nuestros análisis de ahorros en nuestros nuevos proyectos utilizamos estas tablas que se muestran en la tabla siguiente con el fin de tener controlado nuestro costo actual que tenemos con los componentes de línea base, así como también el costo nuevo que tendremos al introducir estos productos que son previamente analizados con proveedor. En el lado izquierdo del recuadro tenemos la columna que nos representa los números de parte actuales y tenemos la columna donde agregaremos el número de parte, modelo, volumen, descripción del componente y cantidad, así como también las columnas resaltadas con las letras amarillas que nos representa el costo unitario y el costo anual de estos componentes, del lado derecho de la tabla contiene los costos propuestos por proveedor (tabla 6).



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

OUT (CURRENT)							IN (PROPOSAL)							
PN	SKU	Volume	Description	Qty	\$ Unit.	\$ Total	PN	SKU	Volume	Description	Qty	\$ Unit.	\$ Total	\$ Annual
TOTAL							TOTAL							\$0.00

Obs.: It's important to notice that some parts might not be bought in thousands. In this case, the cost won't be multiplied by 1000.

Tabla 6. Representación de ahorro.

Se muestra que los resultados del ahorro anual que tendríamos con nuestros costos de los nuevos componentes que serían compresor y capilar (tabla 7).

OUT (CURRENT)							IN (PROPOSAL)							
PN	SKU	Volume	Description	Qty	\$ Unit.	\$ Total	PN	SKU	Volume	Description	Qty	\$ Unit.	\$ Total	\$ Annual
273890	Refrigerador FDBM	150,000	Compresor A	1	\$24.92	\$24.92	563342	Refrigerador FDBM	150,000	Compresor B	1	\$20.81	\$20.81	\$3,121,500.00
658819	Refrigerador FDBM	150,000	SSPL	1	\$1.55	\$1.55	665478	Refrigerador FDBM	150,000	SSPL	1	\$1.69	\$1.69	\$253,500.00
222478	Refrigerador FDBM	150,000	Suction tube	1	\$0.87	\$0.87	807424	Refrigerador FDBM	150,000	Suction tube	1	\$1.33	\$1.33	\$199,500.00
876599	Refrigerador FDBM	150,000	process tube	1	\$0.07	\$0.07	543789	Refrigerador FDBM	150,000	process tube	1	\$0.74	\$0.74	\$110,790.00
128362	Refrigerador FDBM	150,000	Bale strap	1	\$0.04	\$0.04	754668	Refrigerador FDBM	150,000	Bale strap	1	\$0.0251	\$0.0251	\$3,765,000.00
445076	Refrigerador FDBM	150,000	Capillary FDBM	1	\$0.53	\$0.53	112309	Refrigerador FDBM	150,000	Capillary (Nuevo)	1	\$0.67	\$0.67	\$100,500.00
TOTAL							TOTAL							\$4,101,000.00

Obs.: It's important to notice that some parts might not be bought in thousands. In this case, the cost won't be multiplied by 1000.

Tabla 7. Tabla de costos de componentes actual vs propuesta.

Analizando los datos mostrados en la tabla podemos observar que el ahorro anual que tendríamos con estos cambios de componentes sería de \$311,445 USD. El cual es un ahorro considerable para la empresa por lo que este proyecto es aprobado para continuar y empezaremos con la etapa de correr pruebas mencionadas anteriormente con las muestras nuevos componentes que son solicitadas a proveedor.

OE 2. Planeación de pruebas requeridas para validar el consumo energético y pruebas de control y seguridad para nuestros clientes.

Para la fase de planeación creamos una tabla en la cual llevamos el control de las pruebas requerida por los aprobadores del producto y ellos nos indican que pruebas deberán ser corridas con el fin de tener la información necesaria de acuerdo a las especificaciones de la empresa para poder validar que el consumo es realmente efectivo en nuestros productos.

Architecture	Glis	Serial #	Model #	Lab	Compressor	Status	Energy Baseline	Energy	Charge determination	No load 90	Pull down	Packing test
FDBM	21U170130	VSA4697211	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170131	VSA4697212	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170132	VSA4697213	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170133	VSA4697214	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170134	VSA4697215	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170135	VSA4697216	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170136	VSA4697217	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170137	VSA4697218	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170138	VSA4697219	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170139	VSA4697220	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170140	VSA4697221	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170141	VSA4697222	frigerador FDB	Thermo	A	Defining						
FDBM	21U170142	VSA4697223	frigerador FDB	NVH	B	Defining						
FDBM	21U170143	VSA4697224	frigerador FDB	NVH	B	Defining						
FDBM	21U170144	VSA4697225	frigerador FDB	NVH	B	Defining						
FDBM	21U170145	VSA4697226	frigerador FDB	NVH	B	Defining						
FDBM	21U170146	VSA4697227	frigerador FDB	PACK	B	Defining						
FDBM	21U170147	VSA4697228	frigerador FDB	PACK	B	Defining						
FDBM	21U170148	VSA4697229	frigerador FDB	Thermo	B	Defining						
FDBM	21U170149	VSA4697230	frigerador FDB	Thermo	B	Defining						
FDBM	21U170150	VSA4697231	frigerador FDB	Thermo	B	Defining						
FDBM	21U170151	VSA4697232	frigerador FDB	Thermo	B	Defining						
FDBM	21U170152	VSA4697233	frigerador FDB	Thermo	B	Defining						
FDBM	21U170153	VSA4697234	frigerador FDB	Thermo	B	Defining						

Tabla 8. Planeación de pruebas

En esta tabla 8 en la primera columna nos encontramos con el tipo de arquitectura de este refrigerador el cual es FDBM (French Door Bottom Mount) en la segunda columna tenemos lo que



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

es el glis que viene siendo el número de identificación del refrigerador dentro de nuestros laboratorios y como siguiente tenemos el número de serial el cual es utilizado para registrar el refrigerador en nuestra planta así llevamos un control de nuestra cantidad de unidades que se están fabricando en la planta, en la columna de modelos contamos con el modelo de refrigerador, la columna de Laboratorio nos indica la ubicación en donde se correrá la prueba

A continuación, se muestran nuestras indicaciones que tenemos para saber cuál es el segundo punto que se deberá correr en energía para una correcta evaluación de producto. Suponiendo el caso de que en nuestro RC obtenemos una temperatura de 39 pasaremos a tomar la decisión del segundo punto en base a la temperatura de nuestra área de congelador (FC) en el cual tenemos las siguientes restricciones:

- Si en el primer punto (MM) la temperatura en el RC es igual a 39 y en el FC es mayor a 0, nuestro segundo punto sería CC.
- Si en el primer punto (MM) la temperatura en el RC es igual a 39 y en el FC es menor a 0, nuestro segundo punto sería WW.

De esta manera tomaremos la decisión de qué puntos se deberán estar corriendo para evaluar energía. La siguiente tabla nos muestra el formato que utilizamos para vaciar datos de energía, se explicará a continuación (figura 9):

Comments	CV COMPRESSOR A											
	Res ON		Res Off		Res ON		Res Off		Res ON		Res Off	
ENG NUMBER	Unidad 1				Unidad 2				Unidad 3			
LAB REQUEST	2716980		2716980		2716980		2716980		2716980			
Serial Number	VSA0232038		VSA0232038		VSA0232022				VSA0232040			
test	474008	2716980	2716980	2716980	473682	474101	473778	473941	474508	473779	474789	475449
STALL	231		231		232		232		233		233	
Thermostat Position	MM	CC	MM	CC	MM	WW	MM	WW	MM	CC	MM	CC
Power (W) TPAR												
CAB 1 AVG												
CAB 2 AVG												
CAB 3 AVG												
AVG RC	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
FC 1 AVG												
FC 2 AVG												
FC 3 AVG												
AVG FC	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Stratification RC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stratification FC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ON												
OFF												
Run time cycle/hr	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Cycle/24hrs	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Energy kWh/ temps												
Energy kWh/d (ADC)												
Delta temps vs defrost	0.0000	0	0.0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Interpolate kWh/year	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!	
RVF	#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!		#DIV/0!	

Figura 9. Formato de energía.

Estas unidades entraran a las cámaras térmicas a correr la prueba de energía por lo cual el objetivo será preparar el documento en el cual estaremos vaciando los datos de los reportes de energía que iremos obteniendo mediante los reportes de laboratorio para calcular el consume energético en ellos, en total serán 4 unidades de línea base (energía línea base) y 4 unidades con los nuevos componentes (energy) a las que les correremos pruebas de energía.

No load 90

Esta prueba se basa en un criterio de aprobación que se muestra en la especificación que se solicita por parte del departamento de calidad (figura 10), el cual se basa en indicarnos el rango en el que



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

deberían estar trabajando nuestras temperaturas de nuestros productos en un ambiente de 90°F y alcanzar las temperaturas de la especificación en al menos 9 horas de prueba, es importante mencionar que las pruebas se corren en base a las especificaciones de los aprobadores y esto debido a que en cada proyecto se debe evaluar distintos parámetros según los componentes que estemos afectando, en el caso de este proyecto nos interesa evaluar la columna que menciona que es una unidad de control eléctrico de temperaturas por lo cual los aprobadores nos solicitan correr la prueba en un ambiente de 90°F y cumplir con una temperatura de 35 a 41 Fahrenheit en el área de RC (área de refrigerador) y un rango de -5 a -4 Fahrenheit en el área del FC (área del congelador).

Ambient(°F)	Control Setting			Design Target (°F)		Electronic Control Approval Criteria			Control with gas filled temperature sensing tubes and/or mechanically controlled mechanisms in the RC and FC compartments				Single ElectroMechanical Control Approval Criteria					
	RC	FC	Heater	RC	FC	RC°F	limit	FC°F	limit	RC°F	limit	FC°F	limit	RC°F	limit	FC°F	limit	
110PD	-	-	H	Electronic		50	max @6hr	10	max @6hr									
110PD	-	-	H	Dual Evap BM		70	max @6hr	20	max @6hr									
110PD	C	W	H	ElectroMechanical						50	max @6hr	10	max @6hr	50	max @6hr	10	max @6hr	
110B0	C	C	H			35	max	2	max	35	max	2	max	35	max	2	max	
90NIL	W	W	H	45	5	48	MAX	15	MAX	48	max	15	MAX	48	MAX	15	MAX	
	W	C	H	45	-5	48	max			51	max							
	M	M	H	37	0	35 to 41	range	-5 to 4	range	35 to 42	range	-6 to 4	range	35 to 42	range	-6 to 4	range	
	C	W	H	33	5	32	min			28	min							
70NIL	W	W	H	45	5	48	max	10	max	48	max	15	max	48	max			
	W	C	H	45	-5	48	max	-10	min	48	max	-10	min					
	M	M	H	37	0	35.5 to 38.5	range	-3 to 3	range	34 to 40	range	-3 to 6	range	34 to 40	range	-3 to 6	range	
	C	W	H	33	5	32 to 35	range	10	max	28	min	15	max					
55NIL	M	M	H	37	0	32	min	8	Max	32	Min	8	Max	34	Max	8	Max	
	M	M	H	37	0	-1 to 3	Range	-4 to 2	Range	0 to 4	Range	-7 to 2	Range	-1 to 3	Range	-4 to 2	Range	

Figura 10. Tabla de aprobación de criterio para prueba No Load.

La información que obtendremos en el reporte de No Load por parte de laboratorio de termodinámica deberá ser vaciada a un formato de Excel que manejamos para tener toda la información necesaria de manera optimizada y al alcance para presentarlo y el formato se muestra de la siguiente manera (figura 11):

Comments	Project	Model	Product	AMB	Setting	RC AV	RC mi	RC ma	Stati	FC AV	FC mi	FC ma	Stati	Wattag	KWh	%
actual	New Comp.	Unidad 1		90	MM		35	41			-5	4				
actual	New Comp.	Unidad 2		90	MM		35	41			-5	4				
actual	New Comp.	Unidad 1		90	CC		32	50			-10	50				
actual	New Comp.	Unidad 2		90	CC		32	50			-10	50				
actual	New Comp.	Unidad 1		90	WW			48					15			
actual	New Comp.	Unidad 2		90	WW			48					15			
propuesta	New Comp.	Unidad 3		90	MM		35	41			-5	4				
propuesta	New Comp.	Unidad 4		90	MM		35	41			-5	4				
propuesta	New Comp.	Unidad 5		90	MM		35	41			-5	4				
propuesta	New Comp.	Unidad 6		90	MM		35	41			-5	4				
propuesta	New Comp.	Unidad 3		90	CC		32	50			-10					
propuesta	New Comp.	Unidad 4		90	CC		32	50			-10					
propuesta	New Comp.	Unidad 5		90	CC		32	50			-10					
propuesta	New Comp.	Unidad 6		90	CC		32	50			-10					
propuesta	New Comp.	Unidad 3		90	WW			48					15			
propuesta	New Comp.	Unidad 4		90	WW			48					15			
propuesta	New Comp.	Unidad 5		90	WW			48					15			
propuesta	New Comp.	Unidad 6		90	WW			48					15			

Figura 11. Formato vacío para evaluar prueba No Load.

Vemos que en total evaluaremos 6 unidades y 2 de estas serán con el modelo línea base es decir sin cambio de compresor ni tubo capilar, el ambiente será como lo indicaron los aprobadores de 90°F, las configuraciones como lo muestra en la especificación se corren puntos MM, CC y WW (explicación de parámetros en sección energía línea base), las columnas de RC min y RC max nos ayuda a tener la referencia de la especificación que nos dice la temperatura mínima y máxima que deberemos obtener (lapso de las 9 horas de prueba) en los resultados de la prueba para que sea considerada aprobada la columna "status" nos ayudara a indicar mediante una formula si esta se cumple "OK" o de lo contrario no se estaría obteniendo los resultados esperados para la aprobación.



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

Pull Down

Para la prueba de Pull Down lo que se evalúa es que la unidad sea capaz de pasar de temperatura ambiente de la cámara de 90°F a alcanzar 10°F en el FC y 50°F en el RC en un periodo mínimo de 6 horas. Esto porque así nos damos cuenta de que según la carga de refrigerante agregada al sistema de refrigeración y el buen desempeño de nuestros componentes nuevos este sea capaz de abatir las temperaturas según la especificación que nos piden los aprobadores del producto, la información del reporte de Pull Down es vaciada en un formato de Excel en el cual aprobamos o desaprobamos la prueba según el reporte mostrado por el laboratorio de termodinámica y el formato se muestra de la siguiente manera (figura 12):

Figura 12. Formato de resultados de prueba Pull Down.

Product	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4
Model	FDBM	FDBM	FDBM	FDBM
Serial	4697211	4697212	4697213	4697214
Stall	241	242	243	244
Project	New Compressor	New Compressor	New Compressor	New Compressor
Results				
Charge				
Test number				
Setting	CC	CC	CC	CC
Time to reach 10°				
Time to reach 50°				

Packaing Test

Las pruebas de empaque nos ayudan a descartar posibles fallos de piezas dentro de nuestras unidades al momento de estar transportando hacia los centros distribuidores de venta y también su tiempo de estadía en el almacén, los tipos de prueba que nos requieren correr los aprobadores de producto serian la prueba de Stack Lean o mejor conocida como Estiba en la cual se basa en coloca una pila de 4 unidades en nuestro almacén durante un periodo de 24 horas y se calcular la cantidad de inclinación que se obtuvo en estas unidades mediante un láser que sale disparado desde el suelo hasta una placa que colocamos encima del refrigerador más alto y el requerimiento de la especificación nos indica que la pila de refrigeradores no debe sobre pasar los 40 mm de inclinación de atrás hacia adelante respecto al suelo y 15 mm de inclinación por la parte lateral de la pila de refrigeradores con respecto al suelo, esta información es sumamente importante ya que necesitamos encontrar el balance en nuestros nuevos componentes que estamos implementando en orden de que no le afecte a nuestros clientes en sus almacenes e incluso al mismo almacén dentro de Whirlpool.

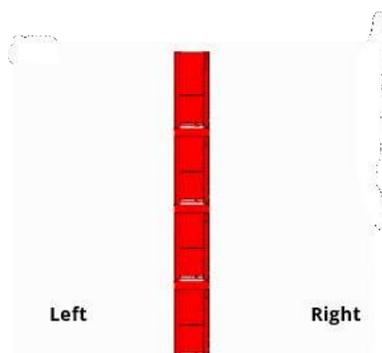


Figura 13. Simulación de prueba de Estiba en almacén.

Dentro del laboratorio de empaque corremos la prueba de centro de gravedad la cual consiste en simular el trayecto en el transporte y se evalúa con su empaque completo (tapa de cartón, runners,



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

esquineros y emplaye) con la finalidad de evaluar que no se haya desensamblado o desconectado algún componente que afecte al sistema eléctrico, sistema de refrigeración o la estética de la unidad. Primero se corre la prueba que tiene una duración de alrededor 3 horas y después de finalizar la prueba se desmuestra la unidad y se revisa a detalle toda la unidad de compartimiento para evaluar que no se haya modificado específicamente el componente que nosotros estamos cambiando en este proyecto (compresor y tubo capilar) y componentes estéticos, de esta manera descartamos la posibilidad de un posible fallo o descolocación de una pieza en el trayecto de nuestros productos.

La prueba de centro de gravedad consiste en colocar la unidad encima en un instrumento de medición como lo es un tubo de metal de aproximadamente 10 cm de diámetro y 70 cm de largo y evaluar su centro de gravedad, se evalúa el refrigerador en su posición original (vertical) y posición acostado (horizontal), se toman 3 mediciones y se determina el punto de gravedad, la finalidad de esta prueba es conocer a que distancia podemos encontrar nuestro punto de equilibrio de nuestro componente y de esa manera poder tener un balance en el acomodo de las pilas de refrigeradores que se almacenan y también nos ayuda a rediseñar en algunas ocasiones nuestros modelos para que estén balanceados y se logre evitar posibles daños de nuestros componentes.

OE 3. Programar eventos en planta para mostrar los ensambles de los nuevos componentes en un producto con la finalidad de validar los resultados.

En el departamento de refrigeración contamos con diferentes tipos de formatos que se realizan para llenar solicitudes de diferentes tipos uno de ellos es la Solicitud de Construcción, esta forma nos ayuda a llenar la información necesaria para que planta pueda programarnos eventos en línea y hacer el espacio en la producción actual y de esta manera no afectar nuestros procesos de producción.

En el formato que realizamos se deben agregar datos como lo son: nombre del proyecto, líder de proyecto, centros de costos, componentes a evaluar y cantidad de productos terminados que se realizaran, en la figura 14 se muestra a detalle como es cada uno de los puntos que se deben de llenar en el formato.

					
SOLICITUD DE PRUEBA					
<i>Solicitante de Prueba</i>					
Solicitante				Departamento	
Tipo de Evento	Tipo de Proyecto	Fecha de Emisión	Folio IAW	Nombre del Proyecto	Numero de Folio (Asignado por Res.)
F&F					
Descripción de la Prueba / Cambios Principales					Firma Autorización Gerente de
Objetivo de la Prueba					
Sku	Descripción	Línea	Mercado	Cant.	
Cargo de Scrap					
			Departamento	Cuenta	



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

ÁREAS INVOLUCRADAS Y SU CONTRIBUCIÓN EN LA PRUEBA		Responsables (A llenar por Res.)
PROCESOS MÁQUINA	Evaluar en base a:	No Requerido
	Notas Adicionales:	
PROCESOS ENSAMBLE	Evaluar en base a:	F-IN-006 Resultado de prueba de Manufactura
	Notas Adicionales:	
PRODUCCIÓN	Evaluar en base a:	F-IN-006 Resultado de prueba de Manufactura
	Notas Adicionales:	
CALIDAD	Evaluar en base a:	F-IN-006 Resultado de prueba de Manufactura
	Notas Adicionales:	
OBSERVACIONES ADICIONALES PARA LA PRUEBA:		
<i>Residencia</i>		<i>Coordinador de Prueba</i>
Coordinador de la Prueba	Fecha Estimada de Prueba	Tiempo Requerido por Complejidad
		--
FIRMAS DE AUTORIZACIÓN		
Residencia Cetec	Gerencia de Calidad	Gerencia de Producción
Gerencia de Materiales	Gerencia de Manufactura	Ingeniería Residencia

Figura 14. Forma de solicitud de prueba.

OE 4. Mostrar gráficamente los ahorros de energía y de costo con nuestro cambio de compresor y tubo capilar para demostrar en base a las pruebas que se realizaron en laboratorio y en planta que el ahorro es considerable e implementar el nuevo modelo, los cuales se mostraran en el apartado de resultados.

RESULTADOS

Como ya se mencionó en la empresa Whirlpool, particularmente en el departamento de refrigeración CETEC (centro de tecnología), se atendió la problemática que se encontró, ya que hoy en día a nivel mundial es el daño a la capa de ozono del planeta debido a un alto uso de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles y un porcentaje de este es debido al alto consumo de energía en los electrodomésticos, a continuación, presentamos los resultados de la metodología aplicada:

Objetivo Específico 1.- Identificación del problema mediante análisis de datos de costo de componentes y gráficos de funcionamiento de los productos para detectar la situación actual contra lo propuesto.

Resultado: Con base en la información anterior esta problemática fue considerada para la creación de este proyecto en el cual buscamos reducir el porcentaje de consumo energético en una unidad de refrigeración de uso doméstico mediante la mejora de un sistema de refrigeración por cambios



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

de componentes, en este proyecto utilizaremos la metodología científica para demostrar mediante experimentación de pruebas de laboratorios y en la planta el porcentaje de ahorro económico y de reducción de consumo eléctrico mediante datos cuantitativos.

Objetivo Específico 2.- 1) Planeación de pruebas requeridas para validar el consumo energético, pruebas de control y seguridad para nuestros clientes. 2) Muestra grafica de los resultados obtenidos en distintas pruebas de laboratorio realizadas.

Resultado 1): Se puede observar a detalle en la Tesis “Mejora en eficiencia energética en un sistema de refrigeración doméstico”.

Architecture	Glis	Serial #	Model #	Lab	Compressor	Status	22-Aug Energy Baseline	5-Sep Energy	19-Sep Charge determin ation	3-Oct No load 90	17-Oct Pull down	31-Oct Packing test
FDBM	21U170130	VSA4697211	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining	X					
FDBM	21U170131	VSA4697212	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining	X					
FDBM	21U170132	VSA4697213	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining	X					
FDBM	21U170133	VSA4697214	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining	X					
FDBM	21U170134	VSA4697215	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining		X				
FDBM	21U170135	VSA4697216	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining		X				
FDBM	21U170136	VSA4697217	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining		X				
FDBM	21U170137	VSA4697218	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining		X				
FDBM	21U170138	VSA4697219	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining			X			
FDBM	21U170139	VSA4697220	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining			X			
FDBM	21U170140	VSA4697221	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining			X			
FDBM	21U170141	VSA4697222	Refrigerador FDBM	Thermo	A	Defining			X			
FDBM	21U170142	VSA4697223	Refrigerador FDBM	NVH	B	Defining				X		
FDBM	21U170143	VSA4697224	Refrigerador FDBM	NVH	B	Defining				X		
FDBM	21U170144	VSA4697225	Refrigerador FDBM	NVH	B	Defining				X		
FDBM	21U170145	VSA4697226	Refrigerador FDBM	NVH	B	Defining				X		
FDBM	21U170146	VSA4697227	Refrigerador FDBM	PACK	B	Defining					X	
FDBM	21U170147	VSA4697228	Refrigerador FDBM	PACK	B	Defining					X	
FDBM	21U170148	VSA4697229	Refrigerador FDBM	Thermo	B	Defining					X	
FDBM	21U170149	VSA4697230	Refrigerador FDBM	Thermo	B	Defining					X	
FDBM	21U170150	VSA4697231	Refrigerador FDBM	Thermo	B	Defining						X
FDBM	21U170151	VSA4697232	Refrigerador FDBM	Thermo	B	Defining						X
FDBM	21U170152	VSA4697233	Refrigerador FDBM	Thermo	B	Defining						X
FDBM	21U170153	VSA4697234	Refrigerador FDBM	Thermo	B	Defining						X

Tabla 1. Test plan prueba de empaque.

Resultado 2): En este reporte de AHAM también nos mostró la gráfica de comportamiento de nuestra unidad en la cual pudimos ver gráficamente el comportamiento del Wattage, Temperatura de FC, RC y ambiente respecto al tiempo de prueba. Si vemos en el punto de la Hora 24:00 en el eje de las X vemos un pico en la gráfica el cual fue nuestro principal punto de enfoque para este reporte ya que ese pico nos indicó el descongelamiento, que es el momento en donde se enciende la resistencia para realizar el deshielo en el evaporador y es nuestro mayor punto de wattage que tenemos. En base a esta grafica nosotros leímos el reporte ya que nosotros indicamos desde que punto nos interesa analizar para que esos datos se arrojen en el reporte de la figura 17 mostrada anteriormente. Para este modelo decidimos elegir como datos de análisis 6 ciclos de trabajo de compresor y el pico del descongelamiento.

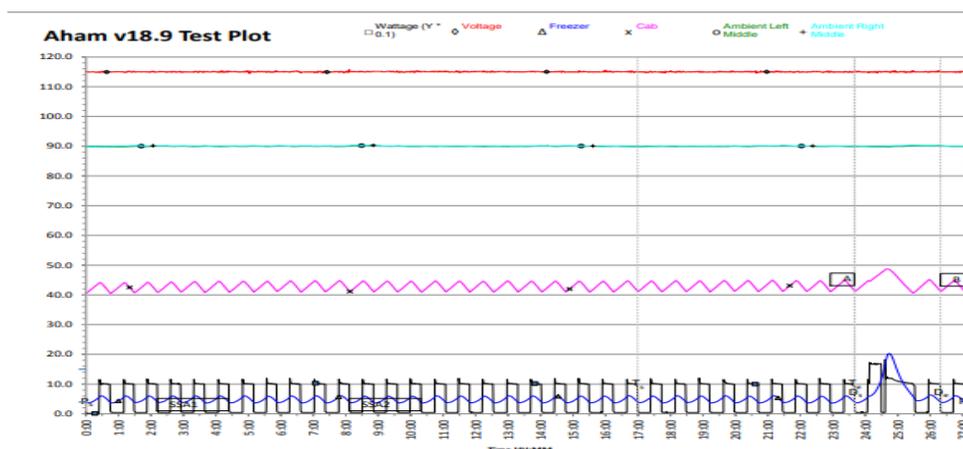


Gráfico 2. Grafica de reporte de energía.



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

Una vez obtuvimos nuestros reportes de AHAM y entramos a analizar cada uno, pasamos a programar eventos en la planta. Se puede observar a detalle en la Tesis “Mejora en eficiencia energética en un sistema de refrigeración doméstico.

Objetivo Específico 3.- Programar eventos en planta para mostrar los ensambles de los nuevos componentes en un producto con la finalidad de validar los resultados obtenidos en las pruebas y en las construcciones para así brindar la validación de nuestros componentes y cumplir con los requerimientos necesarios para la implementación del proyecto.

Resultado: Los resultados de las pruebas que se corrieron en los laboratorios y las cámaras térmicas anteriormente revisadas era de suma importancia ya que necesitábamos que sean positivos y aceptados por los aprobadores de producto para poder pasar a la fase de los eventos en la planta. Una vez que analizamos los resultados de las pruebas pasamos a realizar el llenado de las solicitudes para las construcciones que se realizaron para este proyecto (figura 15) en la cual primero que nada lo que se hizo fue poner los datos del ingeniero responsable, departamento, tipo de evento y fecha de emisión. Se agregó el objetivo y la descripción de lo que se llevaría a cabo en este evento que fue realizar las pruebas piloto y pre-piloto las cuales fueron para 30 unidades (vendibles) y 15 unidades (para motivo de prueba) respectivamente.



SOLICITUD DE PRUEBA

Solicitante de Prueba							
Solicitante				Departamento			
Adrian Eduardo Torres García				CETEC			
Tipo de Evento	Tipo de Proyecto	Fecha de Emisión	Folio IAW	Nombre del Proyecto	Numero de Folio (Asignado por Res.)		
PRE-PILOTO	TCP	10/10/2022	n/a	Cambio de compresor			
Descripción de la Prueba / Cambios Principales					Firma Autorización Gerente de		
Validar nuevo compresor modelo B							
Objetivo de la Prueba							
Realizar pruebas Pre-Piloto y Piloto para validar el ensamble del nuevo compresor con tubo capilar							
SKU	Descripción	Línea	Evento	Cant.	Cargo de Scrap		Numero de GPA
					Departamento	Cuenta	
Modelo nuevo	Refrigerador FDBM	1	Piloto	30	Cetec	XXXX	XXXX
Modelo nuevo	Refrigerador FDBM	1	Pre-piloto	15		Rebill	PDTS
AREAS INVOLUCRADAS Y SU CONTRIBUCIÓN EN LA PRUEBA						Responsables (A llenar por Res.)	
PROCESOS MÁQUINA	Evaluar en base a:		F-IN-006 Resultado de prueba de Manufactura			Jose A. Rmz.	
	Notas Adicionales: Buen funcionamiento de maquinas para realizar ensamble de compresor y tubo capilar.						
PROCESOS ENSAMBLE	Evaluar en base a:		F-IN-006 Resultado de prueba de Manufactura			Eliza Vallejo G.	
	Notas Adicionales: Ensamble correcto de compresor y tubo capilar.						
PRODUCCIÓN	Evaluar en base a:		F-IN-006 Resultado de prueba de Manufactura			Adriana Elizondo	
	Notas Adicionales: No hay tema con los cambios de componentes, adelante con el proyecto.						
CALIDAD	Evaluar en base a:		F-IN-006 Resultado de prueba de Manufactura			Martin Lopez	
	Notas Adicionales: Ningun detalle en tubería de tubo capilar, ningun detalle estetico en compresor nuevo.						



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

OBSERVACIONES ADICIONALES PARA LA PRUEBA:		
Aprobación de los subsistemas, ensambles correctos y no se detectó atrazo en línea con estos nuevos componentes, operador y maquina funcionaron correctamente.		
Residencia	Coordinador de Prueba	
Coordinador de la Prueba	Fecha Estimada de Prueba	Tiempo Requerido por Complejidad
Manuel Garcia	10-Oct-22	4 hrs.
FIRMAS DE AUTORIZACIÓN		
Jose Morales	Martin Lopez	Adriana Elizondo
Residencia Cetec	Gerencia de Calidad	Gerencia de Producción
Nancy Torres	Jose A. Rmz.	Eliza Vallejo G.
Gerencia de Materiales	Gerencia de Manufactura	Ingeniería Residencia

Figura 15. Solicitud de pruebas completas.

En las pruebas pre-piloto realizadas se obtuvieron buenos resultados y no hubo detalles con los ensambles del compresor y de las tuberías del compresor, todos los componentes funcionaron correctamente y el operador fue capaz de ensamblar cada uno sin dificultad y sin necesidad de tiempo extra para el ensamble y sin aplicar demasiada fuerza para poder realizar el ensamble correcto a comparación de los componentes actuales. Se puede observar a detalle en la Tesis “Mejora en eficiencia energética en un sistema de refrigeración doméstico”.

Objetivo Específico 4.- Mostrar gráficamente los ahorros de energía y de costo con nuestro cambio de compresor y tubo capilar para demostrar en base a las pruebas que se realizaron en laboratorio y en planta que el ahorro es considerable e implementar el nuevo modelo.

Resultado: Una vez terminamos con las pruebas en los laboratorios y realizamos la gráfica del porcentaje de energía que obtuvimos en 24 unidades de los pre-pilotos y pilotos obtuvimos la siguiente grafica (grafico 3) en la cual se demostró un consumo energético por debajo de los 617.74 kWh/año. Podemos concluir que se logró reducir la capacidad de consumo energético en un refrigerador domestico modelo FDBM. Se puede observar a detalle en la Tesis “Mejora en eficiencia energética en un sistema de refrigeración doméstico”.

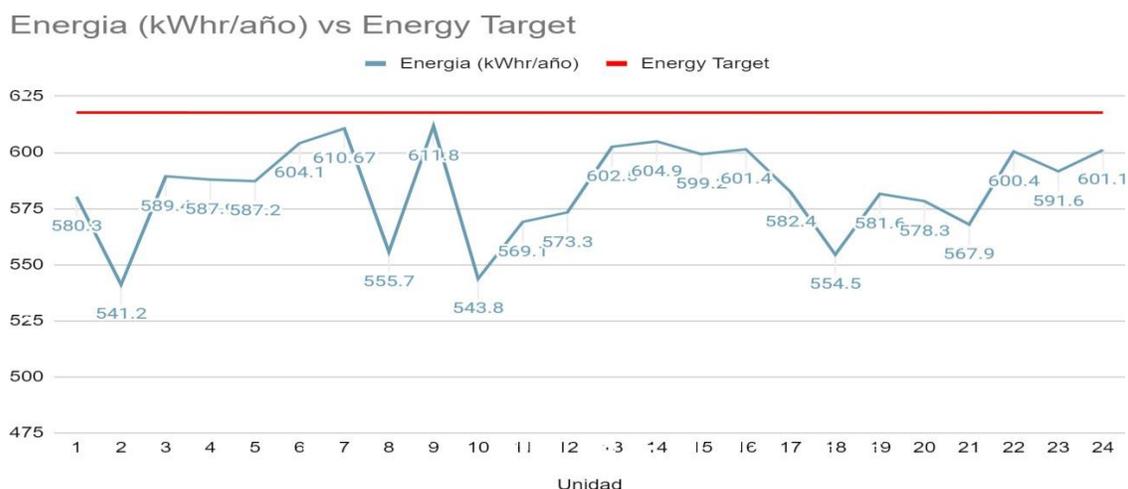


Gráfico 3. Consumo energético con mejora en eficiencia.



MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO



Figura 16. Refrigerador domestico modelo FDBM.

Todos y cada uno de los resultados obtenidos de la investigación han sido presentados en su contexto natural, así mismo las mediciones recaudadas a lo largo de la investigación han servido para identificar cuáles son las áreas de oportunidad y deficiencias que se encontraban en el refrigerador modelo FDBM. Por lo tanto, la hipótesis presentada de “¿Si se realiza la metodología de mejora del proceso de sistema de refrigeración con los cambios de componentes (compresor y tubo capilar), se mejorará el consumo energético, así como también se mejorará el funcionamiento del sistema de refrigeración llevándonos a un ahorro económico?” **SE ACEPTA.**

CONCLUSIONES

La presente investigación nos permitió ver como con los cambios de componentes compresor y tubo capilar fue posible mejorar la eficiencia energética de un sistema de refrigeración doméstico y gracias a esto se logró reducir el consumo mediante los cambios realizados junto con los resultados cuantitativos, así como también, pruebas que se realizaron en la planta y de esta manera obtuvimos el análisis que nos permitió obtener resultados satisfactorios en cuanto a la eficiencia energética y los ensambles de los nuevos componentes para el modelo de refrigerador French Door Bottom Mount (FDBM).

En este proyecto nuestro ahorro en base al cambio de componentes fue de \$22.69 (costo antiguo) a \$21.26 dólares (costo nuevo). Logramos un ahorro anual del 7.6 por ciento que equivale a \$285k USD. El consumo energético se redujo a un total de 576.82 KWh/year, así como también mejoramos los porcentajes de trabajo de compresor de un 60% en línea base a un 43.25% obteniendo así más ahorro de consumo energético por el bajo porcentaje de funcionamiento del compresor dándonos un ahorro de 6.62% KWh/año.

RECOMENDACIONES

Con el objetivo de complementar la solución presentada de la problemática en el departamento, se determinaron las siguientes recomendaciones:

- Continuar con el monitoreo de la eficiencia energética con estos nuevos componentes y mantenerse actualizado en las ofertas del mercado para la mejora de algún componente dentro del sistema de refrigeración.
- Desarrollar mejoras en las etiquetas de los compresores con la finalidad evitar posibles fallos de etiquetas quemadas y problemas de lectura para los compresores.
- Seguir con la metodología planteada en la investigación para la mejora de los procesos y las pruebas de validación para futuros proyectos de mejora de costo y calidad.

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO**REFERENCIAS**

- A., B. (1996). Minimización de generación de entropía. Londres: Prensa CRC.
- Al-Khoury. (2011). Modelo computacional de sistemas geotérmicos someros. Nueva York: CRC Prensa.
- Babarinde, A. (2019). Investigación experimental del refrigerante R600a. *Energía ambiental*, 6.
- Bansal. (2006). Simulación modelo de sistema de refrigeración de la temperatura doméstico. Nebraska: Investigación HVAC&R.
- Chakrayorty. (2009). Mejora de procesos. Milwaukee: El diario de Gestión de calidad.
- Chingulpitak, S. (2018). Tablas de dimensionamiento de tubos capilares helicoidales. *Ciencia y tecnología para el entorno construido*, 4-8.
- Davison, I. (2016). Experiencia en prácticas de análisis de fallas para estructura FMEA. Seguridad y confiabilidad 2,4 y 7.
- F., B. (1997). Uso de FMEA. India: Fiche Favi.
- Haehnlein, S. (2010). Situación jurídica internacional del uso de la energía geotérmica somera. Los Ángeles: Energía Sostenible.
- Hai, S. (2002). Evaluación de la calidad de la supervisión de proyectos. *Revista Internacional de Gestión de la Calidad*, 19.
- Hermes, C. (2010). Solución algebraica de flujos de tubos capilares. Australia: Ingeniería Térmica Aplicada.
- Jamshidi, N. (2019). Una evaluación para el intercambio de calor tierra-aire tipo bobina espiral en diferentes condiciones climáticas. India: Recuperación, utilización y efectos ambientales.
- Karatas, S. (2004). Investigación experimental de escarcha formación en aleta y tubo intercambiadores. Alabama: Internacional diario de refrigeración.
- Kaushik, D. (2013). Analisis de tubo de condensador. *Revista internacional de energía*, 13.
- Leary, W. (2015). Lecturas esenciales basado en el problema de aprendizaje. Indiana: Purdue University Press.
- Li., W. S. (2016). Investigación experimental sobre la bomba de calor de absorción asistida por compresión. China: Investigación internacional de refrigeración.
- Liu, J. (2018). Investigación sobre las características de vibración torsional de los compresores. *Mecánica de materiales y estructuras avanzadas*, 1-18.
- N., B. (2014). Mitigar la pérdida de conocimiento crítico. Ohio United State: Sociedad de seguridad y confiabilidad.
- NI, C. (2019). Investigación experimental de la diferencia temperatura-tiempo en metodo de control de deshielo. *Science and technology of the Build Environment*, 2-6.
- Oversluizen, G. (2020). Uso del método A3 por estudiantes de ingeniería. *Production planning and control*, 2, 4 y 6.

MEJORA EN EFICIENCIA ENERGÉTICA EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DOMÉSTICO

- Pirompak, S. W. (2001). Características de flujo de refrigerante puros y mezclas de refrigerantes en tubos capilares adiabáticos. Australia: Ingeniería Térmica Aplicada.
- Rouag, A. (2016). Diseño térmico del condensador enfriado por aire de un refrigerador. Nueva Jersey: Ciencia y tecnología de ingeniería aplicada.
- Rouagab, A. (2020). Solución técnica para mal funcionamiento de los enfriadores de aire. Efectos ambientales, 3-4.
- Seixlack, A. (2009). Análisis numérico del flujo de refrigerante a lo largo de tubos capilares. Australia: Ingeniería Térmica Aplicada.
- Sobek, D. (2008). Comprender el pensamiento A3. Florida: Prensa de productividad.
- SOL, J.-Y. (1999). El desarrollo y mejora de la energía en refrigeradores. Chemical Engineering Communication, 3.
- Talpada, J. S. (2018). Una revisión sobre la mejora de rendimiento de un sistema de refrigeración por absorción mediante la modificación del ciclo básico. Ambient energy, 2-5.
- TAO, W.-H. (2010). Estudio de rendimiento de la eficiencia en refrigerador de vitrina. Chemical Engineering Communication, 18.
- Wang, J. (2018). Percepciones de los beneficios del planificador A3. accounting education, 2, 4 y 7.
- Wang, X. (2010). Un experimento estudiar de la correlación en la escarcha aplicando tecnología fotoeléctrica. China: Internacional diario de refrigeración.
- Wilson, W. (1956). Solución práctica de problemas de vibraciones torsionales. Nueva York: Jhon Wiley Inc.

