



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**DISEÑO DE UN SISTEMA CON BOMBA DE CALOR
PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA
RESIDENCIAL EN FUNCIÓN A LA DISMINUCIÓN
DEL CONSUMO ELÉCTRICO.**

Autor: Martínez Jeancarlos

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax:(0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE MECÁNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA CON BOMBA DE CALOR PARA EL
CALENTAMIENTO DE AGUA RESIDENCIAL EN FUNCIÓN A LA
DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO.**

Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

Autor: Martínez Jeancarlos

C.I.26 .961.893

Tutora: Dra. Yndira Rodríguez

C.I. 11.547.002

San Diego, septiembre de 2022



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
COORDINACIÓN DE PASANTÍA Y TRABAJO DE GRADO

ACTA DE APROBACIÓN

INFORME FINAL DE PASANTÍA

TRABAJO DE GRADO

El jurado designado por la Facultad de Ingeniería para la evaluación del Informe Final de Pasantía o Trabajo de Grado titulado: Diseño de un sistema con Bomba de Cables para el calentamiento de Agua Residencial en función a la disminución del consumo eléctrico.

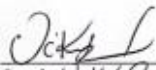
Realizado por el (la) Br. Jean Carlos Martínez
C.I. N° 26961893 cursante de la carrera de Mecánica

hace constar después de analizar su contenido y oída la exposición oral, considera que el Informe Final o Trabajo de Grado ha obtenido la calificación de:

APROBADO NO APROBADO

El Jurado


Tutor Académico (Coordinador)
Nombre: Andisa Rodríguez
C.I.: 11547002


Jurado
Nombre: Vicky E. Hernández
C.I.: 12033474


Jurado
Nombre: Andrés P. Rodríguez
C.I.: 4598880

Fecha: 10 / 10 / 22





REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

**CONSTANCIA DE APROBACIÓN PARA LA PRESENTACIÓN
PÚBLICA DEL TRABAJO DE GRADO**

Quien suscribe, YNDIRA RODRIGUEZ, portador de la cédula de identidad N° 11.547.002, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano JEANCARLOS MARTINEZ GOMEZ, portador de la cédula de identidad N° 26.961.893, titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA CON BOMBA DE CALOR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA RESIDENCIAL EN FUNCIÓN A LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ELECTRICO.**, presentado como requisito parcial para optar al título de INGENIERO MECANICO, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 19 días del mes de SEPTIEMBRE del año dos mil veintidós.

YNDIRA RODRIGUEZ

C.I: 11.547.002

CARTA DEL DECANO

UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DECANATO DE INGENIERÍA



FI N 002 2022-2CR TG

Valencia, 08 de junio de 2022

Ciudadano:
MARTINEZ GOMEZ, JEANCARLOS
26.961.893
Presente -

Cumplo con informarle que la comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería

Diseño de un sistema con bomba de calor para el calentamiento para el calentamiento de agua residencial en función a la disminución del consumo eléctrico.

Presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico

Se ratifica la designación del Tutor Académico que lo asesorará en el desarrollo de este proyecto a:
Ing. Yndira Deyanira Rodríguez Aguirre, titular de la cédula de identidad V-11.547.002



Atentamente

Dr. Francisco Gelanzé Sevilla.
Decano de Ingeniería

e.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado

AGRADECIMIENTOS

Le quiero agradecer principalmente a Dios por siempre acompañarme y no dejarme solo en todos estos años universitarios, le quiero agradecer a mis padres por apoyarme y tener siempre la disposición de ayudarme en lo necesario para mis estudios. Quiero agradecerle a mis abuelos por motivarme a estudiar esta carrera y principalmente a mi abuelo que me ha dado el mayor de los apoyos en mi desarrollo como estudiante desde el primer semestre hasta ser un profesional.

Quiero también agradecer a mi primer amigo de la universidad Castor Lucena por brindarme su amistad durante el tiempo que el destino nos dejó ser grandes amigos, a mis amigos Isabella Vaccari, Fredy Mendoza y Luis Meneses que desde en mis inicios en la universidad han estado presentes en mi vida hasta el día de hoy brindándome todo su apoyo en lo que ha estado dentro de sus posibilidades y por vivir conmigo todos esos grandes momentos en la ciudad de Valencia.

Por otra parte quiero agradecerle a las personas que me ayudaron a realizar el proyecto de tesis grado el ingeniero Edgar Oropeza gran persona que me dió la idea de hacer este proyecto y que en todo momento me brindó su apoyo, el ingeniero José Francisco Hernández y Javier Pirella que tuvieron todo este tiempo en la empresa su disposición de ayudarme con el proyecto, al ingeniero Rodrigo Saavedra que además de ser mi tutor en campo ha sido mi amigo y me ha enseñado todo lo que ha podido con respecto a la refrigeración por amoníaco, por tener la voluntad de llevarme a conocer empresas donde se han hecho estas instalaciones y enseñarme de como funciona este tipo de sistemas.

El profesor e ingeniero Gilberto Virgüez que desde el 3er semestre ha hecho presencia en mi vida ayudándome con tutorías en las materias que más me costaba aprender. Y que el junto a Fredy Mendoza me convencieron de no cambiarme de carrera cuando más me sentía en aprietos por no poder con una materia que me costó muchísimo, puedo decir que hoy en día gracias a ellos soy ingeniero mecánico y no otro tipo de ingeniero por haberse encontrado conmigo ese día en el estacionamiento de la universidad y hacerme entrar en razón.

A mi tutora y gran persona Yndira Rodríguez que a pesar de que la conocí en los últimos semestres de mi carrera tuve la fortuna de que fuese mi tutora brindándome su apoyo con la tesis quedándose hasta la madrugada revisándola para que todo saliera bien al momento de hacer la entrega final.

Quiero dejar de último pero no menos importante a mi novia Fiorella Dorante que a pesar de que hizo presencia en mi vida en los últimos meses de mi carrera se traspasó para lograr que mis diapositivas quedaran lo mejor posible, por hacerme repasar la defensa una y otra vez hasta que quedara bien, por ayudarme con el arreglo para el jurado, me ha ayudado en todo lo que ha podido.

Quiero agradecerle a esas personas que a pesar de que nos hemos distanciado han hecho parte de mi vida en la gran parte de mi trayectoria estudiantil, personas con las que también viví grandes momentos y me hicieron feliz con su presencia mientras el destino nos llevaba por caminos diferentes.

Quiero dejar fecha de la realización de esta carta, 11 de Octubre de 2022

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO		pp.
	LISTA DE FIGURAS.....	viii
	LISTA DE CUADROS.....	x
	RESUMEN INFORMATIVO.....	xi
	INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO		
I	EL PROBLEMA	
	1.1 Planteamiento del Problema.....	1
	1.2 Formulación del Problema.....	4
	1.3 Objetivos de la Investigación.....	4
	1.3.1 Objetivo General.....	4
	1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
	1.4 Justificación.....	5
	1.5 Alcance y Limitaciones.....	6
II	MARCO TEÓRICO	
	2.1 Antecedentes.....	7
	2.2 Bases Teóricas.....	9
	2.2.1. Termodinámica.....	10
	2.2.2. Principios de funcionamiento (ciclo inverso de Carnot).....	10
	2.2.3. Ciclo de Compresión:.....	10
	2.2.4. Bomba de calor como proceso real e irreversible.....	12
	2.3 Bases Legales.....	15
	2.4 Definición de Términos.....	16
III	MARCO METODOLÓGICO	
	3.1 Tipo de Investigación.....	18
	3.2 Diseño de la Investigación.....	18
	3.3 Nivel de la investigación.....	19
	3.4. Población y muestra.....	19
	3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
	3.6. Fases metodológicas.....	21
IV	RESULTADOS	
	4.1 Fase I Diagnóstico de la situación actual referente a los sistemas de calentamiento existentes en Venezuela.....	23
	4.2 Fase II Análisis de las variables críticas que intervienen en el proceso de calentamiento del agua.....	25
	4.3 Fase III Diseño y construcción del sistema de calentamiento en una bomba de calor.....	26
	4.4 FASE IV Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y financiera del uso de una bomba de calor para el calentamiento de agua residencial.....	37
V	CONCLUSIONES	41
	RECOMENDACIONES	42
	REFERENCIAS	43

LISTA DE FIGURAS

DESCRIPCIÓN

FIGURA		pp.
1	Demostración de eficiencia energética.....	12
2	Diagrama de Mollier.....	13
3	Ciclo de refrigeración y calefacción.....	13
4	Diagrama de Ishikawa.....	25
5	Plano 2d Sistema Bomba de Calor.....	26
6	Compresor de la Bomba.....	28
7	Unidad Condensadora.....	29
8	Tubería capilar.....	29
9	Medida de Capilar.....	29
10	Tanque.....	30
11	Tapa de Tanque.....	31
12	Tubería del Sistema.....	31
13	Soldadura sólida/líquido.....	35
14	Bomba de Calor.....	32
15	Flujo del refrigerante.....	37

LISTA DE CUADRO

DESCRIPCIÓN

CUADRO		pp.
1	Matriz FODA.....	24
2	Análisis DOFA.....	24
3	Diagrama de Ishikawa.....	26
4	Características de Elementos sistema.....	28
5	Materiales e insumo.....	39
6	Mano de obra.....	40



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE UN SISTEMA CON BOMBA DE CALOR PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA RESIDENCIAL EN FUNCIÓN A LA DISMINUCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO

Autor: Jeancarlos Martínez

Tutor: Ing. Yndira Rodríguez

Fecha: septiembre 2022

RESUMEN INFORMATIVO

El presente trabajo de grado consiste en desarrollar una investigación que tiene como objetivo general diseñar un sistema con bomba de calor para el calentamiento de agua residencial. El cual está enmarcado dentro del tipo de investigación de proyecto factible, con un diseño de campo-documental y de nivel descriptivo, bajo la Línea de Investigación Gestión ambiental, hábitat y vivienda. El objetivo general permitió alcanzar este diseño y se comprobó que es más eficiente y ahorrador de energía que un calentador por resistencia eléctrica, de allí que como objetivos específicos se planteó diagnosticar la situación actual referente a los sistemas de calentamiento existentes en Venezuela, debido a que es un país alto consumidor de energía y no existe un control de este gasto que ocurre en cada hogar; lo que trae como consecuencia un impacto de efecto invernadero en el planeta. Del mismo modo se tiene el análisis de las variables críticas que intervienen en el proceso de calentamiento del agua, las cuales se describen desde el nivel de más crítico con respecto al calentamiento de agua mediante una bomba de calor, resultado más efectiva que un calentador eléctrico debido a que su consumo es casi el doble que el de la bomba de calor. En el cumplimiento de los objetivos específicos, se diseñó y se comprobó a través de un programa de simulación que el sistema de calentamiento es factible y real, se fabricó y se comprobó su eficiencia, y se construyeron los elementos necesarios para que este funcione, se comprobó su ensamblaje. Por lo que se demostró que la bomba de calor es más eficiente energéticamente, así como económicamente con lo que se puede obtener una disminución en el efecto invernadero.

Descriptor: Bomba de Calor, consumo eléctrico, Agua residencial.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de esta investigación está enfocado en la obtención de agua caliente residencial a través de un sistema con bomba de calor en función a la disminución del consumo eléctrico y por ende a la preservación del medio ambiente.

A medida que crece el abastecimiento de electricidad a partir de fuentes renovables y las políticas para la des carbonización aumentan, son muchas los estudios que afirman que el acondicionamiento térmico en casa y apartamentos a partir de tecnologías eléctricas como las bombas de calor, empieza a cobrar sentido. Y más especialmente en aquellos proyectos en los que el nivel de eficiencia energética es elevado y requieren poca demanda energética de calefacción y refrigeración a satisfacer.

En esta investigación se evalúa el uso de calentadores eléctricos, con los cuales se calienta agua para consumo doméstico con resistencia eléctrica y de una bomba de calor capaz de consumir 4 kW. De allí que las bombas de calor corresponden a una de las tecnologías más aptas para recuperar la energía desechada de baja calidad y que, en muchos casos, se pierde en el ambiente sin su aprovechamiento, generando impacto nocivo al entorno y altos consumos de energía

En este particular, con la elaboración de este Trabajo Especial de Grado se presenta la propuesta del diseño de un sistema de bomba de calor para generar el calentamiento de agua residencial en función a dos factores fundamentales el económico y medio ambiental, desarrollando mejoras en dispositivos que ayuden al desarrollo de la tecnología, cumpliendo con parámetros técnicos, económicos y de impacto ambiental, así mismo de incentivar a los estudiantes de ingeniería mecánica a tener mayor motivación en el desarrollo de tecnologías que permitan dar respuesta a problemas más concretos, fomentando así el desarrollo industrial y la soberanía tecnológica.

Por lo que este trabajo estará constituido en cuatro (4) capítulos, y se conformarán de la siguiente manera:

El Capítulo I, El Problema, sirve para hacer referencia a la problemática existente y al área donde se desarrolla la investigación, así como también la formulación del problema; también se plantea el objetivo general y los específicos, su justificación y alcance.

El Capítulo II, el Marco Teórico está conformado por los antecedentes de la

investigación, así como también las bases teóricas necesarias para la documentación; del mismo modo un glosario de términos y las bases legales requeridas para la investigación.

El **Capítulo III**, el Marco Metodológico, en él se contempla el tipo y diseño de la investigación a realizar, así como también el nivel de la investigación, la población y muestra sobre la cual tendrá impacto el trabajo a realizar, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, las fases metodológicas y la confiabilidad de la investigación.

Y el **Capítulo IV**, Trata sobre los resultados, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

A lo largo de los años se han hecho innovaciones que dan accesibilidad el día a día de las personas, mejorando algunas comodidades como por ejemplo el aire acondicionado y la calefacción. De tal manera que antes de que esto se descubriera en los países era imposible que hubiese frío en lugares cálidos, y en países como Canadá era imposible que hubiese calor, hoy en día gracias a las creaciones del hombre y los avances tecnológicos, se ha podido brindar esta comodidad de que en cualquier parte del mundo haya frío o calor de una manera artificial, mejorando la calidad de vida de las personas.

De acuerdo a la bibliografía revisada, John Gorrie es el creador de la refrigeración artificial, y en su investigación Gorrie indica que una consecuencia que trae el producir frío artificial, es el uso que no se les da a los gases refrigerantes. Se sabe que al momento de su descubrimiento se usaron gases naturales no contaminantes como el amoníaco, sin embargo, al pasar los años se fueron creando otros gases refrigerantes entre estos los más comunes R22 y R134a, estos gases también se han ido creando de gases agotadores de la capa de ozono es por esto que se ha tenido que hacer unas reformas de leyes en distintos países para la eliminación de estos gases refrigerantes para que no sigan contaminando la capa de ozono.

Mundialmente se ha podido obtener la calefacción del agua gracias al calentador por resistencia lo que trae una contaminación al medio ambiente provocando el efecto invernadero en la capa de ozono, de igual manera otros problemas que se presentan en el uso de calentadores, es el elevado costo de la inversión inicial, lo cual se traducen la necesidad de esquemas adecuados de comercialización, la falta de normas y procedimientos para garantizar la calidad en su instalación y funcionamiento, así como la ausencia de estrategias de difusión, promoción y divulgación de la tecnología.

Es importante indicar que en países como los que se encuentran en el continente asiáticos que es uno de los continentes que mayor tiene población, y que poseen centrales eléctricas gigantes, no optan por buscar reemplazar los calentadores de agua por resistencia, pues el daño a la atmósfera será cada vez mayor y eso estaría colocando en riesgo la vida, de las personas, los animales y las cosechas. También se ha visto afectada por la parte eléctrica a las personas

debido a que, si bien es una comodidad, es un gasto un poco costoso que se hace al momento de que se usa.

Por tanto, si bien es cierto es una comodidad que se tiene hoy en día, ya que con el agua caliente se puede bañar, cocinar, limpiar, entre otros usos; al momento de calentarse el agua, el consumo eléctrico es grande, porque se hace a través de un calentador que usa una resistencia la cual debe mantenerse siempre encendido, esto al mismo tiempo provoca un daño ambiental por la cantidad de energía eléctrica que se está usando al momento de tenerlo. Y en los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado a un ritmo superior al crecimiento económico, ya que suple las necesidades del aparato productivo, porque está relacionado con mayores niveles de vida y propósitos no materializados, mezcla que lleva a reflexionar, sobre todo si se tiene en cuenta que en energía se gasta una importante cantidad.

De acuerdo a la bibliográfica investigada, una bomba de calor es capaz hasta de consumir 4 kilovatios mientras que un calentador por resistencia consume 33 kilovatios y de igual manera en los países donde el servicio eléctrico es costoso hace una reducción de consumo eléctrico considerable logrando que se pague menos y ayudando al medio ambiente a que no se deteriore tan rápido. Según el catálogo informativo sobre las resistencias eléctricas de la empresa Resistències Elèctriques Asturgó, s.l. (Barcelona, España); el modelo RIA-104 tiene un consumo de 1500W y el modelo RIA-105 tiene un consumo de 2000W lo que representa, estando en funcionamiento durante aproximadamente 22 horas al día, por un mes (30 días) generaría un gasto de 166\$ al mes, considerando que la tasa global del costo de la energía eléctrica para el año 2022, es de 0,14USD según el portal digital GlobalPetrolPrices.

1.1 Formulación del Problema

De lo anteriormente planteado para la formulación del problema que se espera solucionar se tiene la siguiente interrogante: ¿Cómo disminuir el consumo eléctrico con el diseño de una bomba de calor? Objetivos de la Investigación

1.1.1 Objetivo General

Diseñar un sistema con bomba de calor para el calentamiento de agua residencial en función a la disminución del consumo eléctrico.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual referente a los sistemas de calentamiento

existentes en Venezuela.

- Analizar las variables críticas que intervienen en el proceso de calentamiento del agua residencial.
- Diseñar y simular el sistema de calentamiento en una bomba de calor.
- Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y financiera del uso de una bomba de calor para el calentamiento de agua residencial.

1.2 Justificación

En este trabajo especial de grado se contempla el diseño de un sistema con bomba de calor para el calentamiento de agua residencial en función a la disminución del consumo eléctrico, como posibles estrategias a seguir para mejorar el uso de la electricidad, a través de un proyecto de ahorro dirigido a sustituir la utilización de calentadores eléctricos domésticos de agua en las viviendas por bombas de calor ya que se deduce que los calentadores producen uno de los mayores impactos en el consumo de energía y en general, el uso de las bombas resultaría un consecuente ahorro.

De acuerdo al ámbito académico e investigación tendrá su justificación debido a que se aplica las estrategias de enseñanza y aprendizaje establecidas en el diseño curricular de mecánica y que sirve de orientación y punto de partida para plantear otras investigaciones y trabajos de grado, así como también se podrá fomentar la participación académica mediante la realización de proyectos de investigación que pueden ser útil para el país

En el ámbito social esta investigación se justifica ya con la implementación del diseño propuesto se puede reducir los gastos de pago de electricidad y se lograría ahorrar energía, así como también se podría hacer una concientización nacional de lo importante en el ahorro energético y el daño que provoca el uso del calentador en los hogares para el medio ambiente.

En el ámbito ambiental se justifica esta investigación debido a que este diseño contribuye a la disminución considerable del efecto invernadero. De igual forma el uso de bomba de calor se consideran fuentes productivas al no daño ambiental por su poco consumo energético ya que cumplen un mismo final que es el calentar el agua, haciendo este más eficiente. De esta manera el medio ambiente no sufre un impacto tan fuerte diariamente y así los seres vivos pueden llegar a vivir más del promedio.

En el ámbito tecnológico esta investigación se justifica ya de acuerdo al poco control eléctrico que hay en Venezuela con el manejo de la electricidad un sistema como el que se

plantea, sería ideal para reducir los vatios que se producen en comparación con un calentador por resistencia.

En el ámbito económico esta investigación se justifica ya que el diseño propuesto se convierte en fuerte ahorrador de dinero, debido a que su consumo energético es poco y la mensualidad en el pago de energía sería mucho menos y así se podrá provocar un ahorro para las personas. En los países del mundo este tema resulta un tanto costoso por lo que por su alto costo buscan una manera de obtener este tipo de métodos especialmente las empresas ubicadas en países que cuentan con las cuatro estaciones que necesitan el agua caliente y el agua fría.

1.3 Alcance y Limitaciones

Esta investigación se realizó bajo estas premisas

Alcance

- ✓ Este dispositivo se podrá utilizar para el calentamiento de agua residencial
- ✓ Provoca un menor consumo energético.
- ✓ Ayuda con el medio ambiente al no provocar el efecto invernadero que trae un calentador eléctrico.

Limitaciones

- ✓ Apropiación de la tecnología por parte de las familias de las distintas zonas residenciales.
- ✓ Tiempo para la realización de la investigación,

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Torres (2019) “*Evaluación Térmico-Económica De Una Bomba De Calor Como Respaldo De Un Sistema De Calentamiento Solar Residencial*” estudio presentado por la Universidad Autónoma Ciudad de México para optar por el grado de maestro en fuentes renovables y eficiencia económica. El objetivo general de la investigación fue determinar la viabilidad técnica y económica del calentamiento del agua para su uso residencial a través de una bomba de calor, considerándolo como respaldo de un calentador solar. Se propuso un sistema de respaldo por bomba de calor, para coadyuvar el calentamiento de agua para uso doméstico, cuando éste no pueda proporcionar el servicio, o que este sea deficiente. El estudio se encuentra bajo la modalidad de proyecto factible.

Los resultados mostraron que de acuerdo a los parámetros del sistema propuesto, como son flujo volumétrico, potencia del compresor de la bomba de calor entre otros, es factible o viable llevar a cabo este tipo de proyectos para las condiciones ambientales, sobre todo considerando la temperatura del aire en la Ciudad de México, puesto que para un flujo de 100 litros por hora y con una potencia de 1 kW la bomba de calor puede operar eficientemente; y de acuerdo a los cálculos realizados la temperatura mínima de operación, el punto de diseño del sistema, es de -5°C (268 K), que está por debajo de la temperatura mínima promedio en la capital mexicana (aproximadamente 7.5°C).

Este antecedente abordó la variable de estudio bomba de calor, los resultados de dicho estudio y las bases teóricas fueron de significativa relevancia para el desarrollo del tema, así mismo.

Cumbajin (2019) en una investigación titulada *Optimización de un sistema de calentamiento de agua*. Trabajo presentado en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Lacutang Ecuador, para optar al título de ingeniero industrial. El estudio está fundamentado en una investigación exploratoria, descriptiva, la cual se analizó el diseño y dimensionamiento de un sistema de calentamiento de agua con un colector solar térmico que está conformado por su tanque de almacenamiento y el panel solar térmico, este colector funcionará como un sistema secundario de energía renovable y

trabajar de forma independiente, dando apoyo al sistema principal existente constituido por un calefón de GLP.

El objetivo del presente trabajo es optimizar el consumo energético mediante el colector solar térmico, reduciendo el uso de energía fósil requerida por el calefón, produciendo un ahorro energético y económico. Para ello se realizó el modelamiento del sistema del colector el cual fue analizado mediante elementos finitos a través del software Ansys con el módulo de análisis térmico, obteniendo como resultado que la temperatura en la superficie externa de la tubería de cobre es de 40,39°C.

Así mismo, se obtuvo a partir de cálculos la temperatura interna de la superficie de la tubería de cobre es de 40,38°C, temperatura del agua a la salida de la misma de 26,04°C y el rendimiento del colector solar térmico refleja un 22,8%. Además se determinó que este sistema puede mantener un ahorro energético de 92,24% y un ahorro económico promedio de 1,23 USD mensual. En tanto los resultados de la viabilidad económica y energética del presente antecedente fundamenta el soporte metodológico y teórico de la investigación en desarrollo.

De acuerdo con León (2015) en su trabajo de grado titulado *“Modelo matemático y diseño de una bomba de calor de expansión directa asistida por energía solar para calentamiento de agua”* para optar por el título de maestro en ciencias en ingeniería mecánica en la Universidad Politécnica Nacional ubicada en Ciudad de México, México. Muestra el comportamiento del compresor al momento de llegar al set point, es decir, cuando el recinto llega a la temperatura deseada, el compresor muestra un comportamiento estable sin niveles de variación estos niveles varían cuando se comienza a hacer uso del agua caliente y al este gastarse hay que volver a calentar el agua lo que provoca que el compresor haga un aumento de trabajo hasta volver a llegar al set point.

En este trabajo se usaron gases refrigerantes R134a y R404a que bien se sabe son gases agotadores de la capa de ozono, pero su trabajo se basó en que gas refrigerante era mejor para utilizar dando como resultado el R134a para su operatividad. De igual manera en la tesis que se desarrollará se usará R290 que es un gas refrigerante no agotador de la capa de ozono.

Este antecedente contiene contenido teórico en función de la operatividad y funcionamiento de la bomba de calor lo que ayudó de gran utilidad para el desarrollo y abordaje del presente estudio.

Como expresa Muñoz y Zarantonelli (2017) en su trabajo titulado “*Análisis, Diseño y Construcción de una Bomba de Calor Residencial*” para optar por el título de ingenieros mecánicos en la Universidad San Francisco de Quito ubicada en Quito, Ecuador. Consta en la reducción del pago de energía debido a los costoso que es, sin embargo, también se acota de que la bomba de calor puede llegar a ser más costosa que un calentador por resistencia, pero se estudió que al momento de hacer el pago de luz es más rentable su uso por lo que se explica que es mejor método de ahorro mensual una bomba de calor para el calentamiento del agua que un calentador por resistencia.

Este antecedente aborda la variable de estudio el diseño de una bomba de calor, lo que brindó herramienta teórica y metodológica para la investigación en desarrollo.

2.2 Bases Teóricas

Las bases teóricas permiten desarrollar las variables o tópicos que se abordarán en el proyecto de investigación, de acuerdo a esto señala Arias (2006). Las bases teóricas están formadas por: “un conjunto de conceptos y proposiciones que constituyen un punto de vista o enfoque determinado, dirigido a explicar el fenómeno o problema planteado”.

Teoría de la investigación

Tal y como postula el primer Principio de la Termodinámica, la energía no se crea ni se destruye, simplemente se transforma. La energía puede transformarse de una forma a otra, como por ejemplo de electricidad a calor o de calor a electricidad. Aunque el que pueda convertirse no significa que sea éste un proceso siempre fácil y tampoco que una de las conversiones será más costosa que la otra. Esto consta de los distintos conceptos que tiene la conversión de energía tales como temperaturas y presiones, cuando se trata sobre calor sensible y calor latente en ese momento se podría observar los distintos tipos de conversiones de energía debido a que uno cambia de estado y temperatura y el otro solo cambia su temperatura.

Teorías Complementarias

2.2.1 Termodinámica

Es el origen que estudia el calor o la energía, fue descubierto a finales del siglo XVIII a través de las máquinas de vapor. La termodinámica existe desde aquellas maquinas que funcionan a través del calor provocando esta energía el movimiento de las maquinas. En la termodinámica existen 3 leyes:

- **Primera ley:** relaciona el trabajo y el calor transferido intercambiado en un sistema a través de una nueva variable termodinámica, la energía interna. Dicha energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma.
- **Segunda ley:** establece que, si bien todo el trabajo mecánico puede transformarse en calor, no todo el calor puede transformarse en trabajo mecánico
- **Tercera ley:** se puede definir como que al llegar al cero absoluto, 0 grados kelvin, cualquier proceso de un sistema físico se detiene y que al llegar al cero absoluto la entropía alcanza un valor mínimo y constante.

2.2.2 Principios de funcionamiento (ciclo inverso de Carnot)

El ciclo de Carnot es un ciclo reversible que permite que los procesos que lo comprende puedan revertirse, es decir, pasar frío a calor y de calor a frío. Cuando un sistema opera bajo estas condiciones se le conoce como refrigerador/bomba de calor Carnot.

- 1-2: Se absorbe calor isotérmicamente en un proceso reversible desde la región fría ($T_{fría}$) en donde el refrigerante experimenta un cambio de fase.
- 2-3: Se comprime el refrigerante isoentrópicamente hasta que alcanza la temperatura máxima ($T_{caliente}$).
- 3-4: Se transfiere calor reversiblemente a la zona caliente ($T_{caliente}$) isotérmicamente donde el refrigerante vuelve a someterse a cambios de fase (esta vez de vapor a líquido).
- 4-1: Se expande el refrigerante de manera isoentrópica hasta alcanzar de nuevo la temperatura ($T_{fría}$).

2.2.3 Ciclo de Compresión:

En el ciclo de compresión se debe presenciar únicamente gas refrigerado debido a que el líquido es incomprensible, es decir, no se puede comprimir y por ende su única presencia debe ser el gas refrigerante en estado gaseoso.

Uso de los componentes para su elaboración:

- **Compresor:** Es el dispositivo que realiza la función de impulsar el fluido de trabajo a través del circuito cerrado que conforma el Ciclo de Compresión, como se explicó anteriormente dado que no es un proceso natural; demanda energía, la cual obtiene en forma de trabajo (Trabajo de Entrada: $W_{entrada}$). La función de este equipo es tomar el refrigerante a temperatura

($T_{\text{fría}}$) y comprimirlo con el propósito de elevar su presión y temperatura (T_{caliente}) y solamente se permite fluido que se encuentre en fase de vapor durante este proceso.

- **Evaporador:** Después de haber pasado a través de la válvula de expansión, el refrigerante se encuentra a condiciones de temperatura y presión bajas, por lo cual es capaz de absorber una mayor cantidad de calor. Este proceso se da a través del evaporador el cual al igual que el condensador consta de un serpentín e intercambia calor con la región de temperatura baja ($T_{\text{fría}}$). Al tener el refrigerante a una temperatura menor absorbe el calor isobáricamente hasta convertirse (como su nombre lo explica) en vapor.

- **Válvula de expansión:** este hará que el gas refrigerante se expanda de manera líquida-gaseosa para ingresar al evaporador

- **Condensador:** Este equipo consta de un intercambiador de calor por el cual circula el fluido de trabajo con el propósito de transferir el calor a la región de alta temperatura; se le conoce como Radiador, que generalmente es el que se encuentra dentro del recinto a acondicionar o en contacto con el fluido a calentar. Aquí el refrigerante llega como vapor sobrecalentado y comienza a ceder calor al exterior a presión constante, al desprenderse de toda esa energía comienza a condensarse hasta alcanzar la fase de líquido saturado.

- **Válvula de 4 vías:** esta válvula servirá para pasar de agua caliente y agua fría cuando se desee.

Por otro lado, en un ciclo de refrigeración está presente el calor y el frío, y la función del condensador es ser el calentador, pero al mismo tiempo se aprovecha el frío del evaporador usándolo en un cuarto o en un recinto para que refresque y de esta manera se estaría haciendo un aprovechamiento de calor y frío y bajando mucho más el uso de la electricidad al no tener que usar un aire acondicionado. De igual manera se sabe que Venezuela tiene una crisis eléctrica y si se implementara este método de calentamiento de agua que consume menos KW ayudara a que el sistema pueda tener un mejor rendimiento.

2.2.4 Bomba de calor como proceso real e irreversible

En la vida real y más allá del papel y la teoría, los procesos termodinámicos son forzosamente irreversibles ya que siempre se presenta una degradación de la energía, cuando esto sucede, la misma no puede ser aprovechada de la manera que se desea y se considera como una pérdida o una disminución en la eficiencia del ciclo.

¿Qué es la Bomba de Calor?

La Bomba de Calor puede definirse como una “máquina térmica que, utilizando un gas refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado, transfiere calor del entorno natural, aire, agua o tierra, a un edificio o a aplicaciones industriales invirtiendo el flujo natural del calor, de modo que fluya de una temperatura más baja a una más alta”. Consecuentemente son equipos capaces de transferir calor entre dos medios a diferentes temperaturas, es decir, de “bombear” el calor entre ellos, lo que otorga a estos equipos una serie de beneficios:

- Son equipos capaces de calentar espacios aprovechando el calor disponible en un medio exterior (aire, agua o tierra) que está a menor temperatura y, de manera opuesta, invirtiendo su ciclo de funcionamiento, de enfriar dichos espacios expulsando el calor a un medio exterior a mayor temperatura. (ver figura 1)

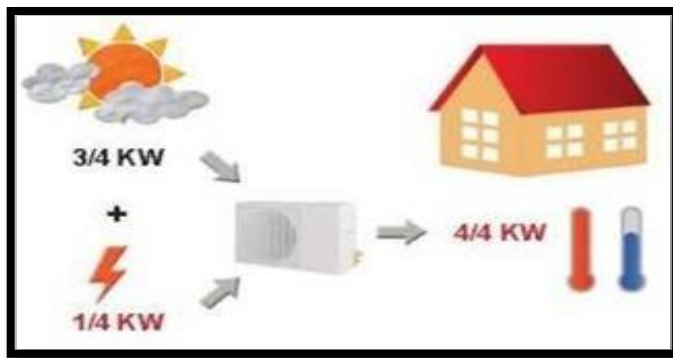


Figura 1: Demostración de eficiencia

Fuente: Richard Edwin

- Al captar el calor disponible en fuentes externas hacen uso de energías procedentes de fuentes renovables, el aire (aeroterminia), el agua (hidrotermia) o el terreno (geotermia)
- Con la energía de accionamiento del equipo transportan una cantidad muy superior de energía térmica. Este efecto “multiplicador” las hace altamente eficientes.
- Permiten el aprovechamiento de fuentes de energía residual disponibles en nuestro entorno para calentar o enfriar el ambiente, ya sean procedentes de los propios sistemas de climatización (por ejemplo, de la ventilación), como de procesos inherentes a la actividad humana (aguas residuales, procesos industriales, entre otros).

¿Cómo funciona la Bomba de Calor?

Para realizar esta transferencia de calor, las Bombas de Calor aprovechan la alta

capacidad que tienen los fluidos refrigerantes de ceder calor cuando pasan de estado gaseoso a estado líquido, y de absorber calor cuando realizan el proceso contrario. Para ello se modifican las propiedades termodinámicas de dicho fluido que circula dentro de un ciclo termodinámico cerrado, de manera que, variando el estado y las propiedades físicas de dicho fluido dentro de este ciclo, se consigue hacer la transferencia de calor en el sentido deseado, aportando calor a un espacio o extrayéndolo del mismo. Dicho ciclo se denomina “Ciclo Frigorífico por compresión”, y su representación se muestra en la figura siguiente, en la que se identifican los cuatro procesos que lo definen: (ver figura 2)

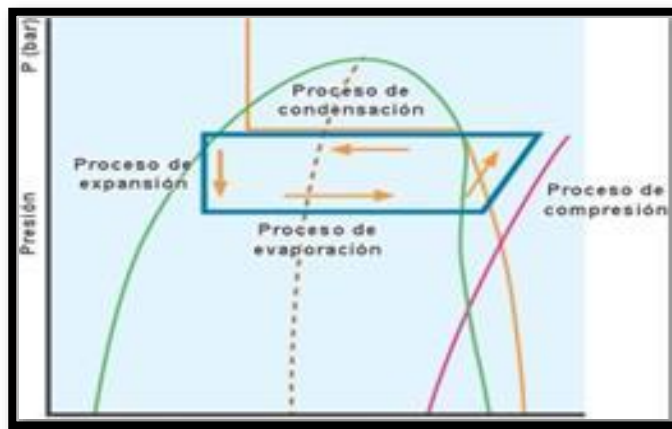


Figura 2: Diagrama de Mollier

Fuente: Howard N. Shapiro

- **Proceso de Evaporación:** se produce la absorción de calor (enfriamiento), mediante la evaporación del fluido refrigerante a baja presión en el interior de un intercambiador de calor, denominado Evaporador.
- **Proceso de Compresión:** se eleva la presión del gas y su contenido energético por medio de un Compresor.
- **Proceso de Condensación:** se produce la cesión de calor (calentamiento), condensándose el gas a alta presión dentro de otro intercambiador de calor, denominado Condensador, en el que se licua el fluido refrigerante.
- **Proceso de Expansión:** se reduce la presión del fluido refrigerante, por medio de una Válvula o Dispositivo de Expansión, pasando de estado líquido a una mezcla de líquido y vapor.

¿Cuáles son sus componentes?

En la figura 3 se puede observar los componentes principales del ciclo de calefacción y refrigeración, como son: Evaporador, Compresor, Condensador y Dispositivo de Expansión. A ellos hay que añadir, en el caso de Bombas de Calor reversibles, la Válvula Inversora o de 4 Vías, mediante la cual se invierte el sentido del ciclo frigorífico, de manera que el intercambiador interior que actúa como “Evaporador” en el ciclo de producción de frío, pasa a actuar como “Condensador” en el ciclo de producción de calor, y el intercambiador exterior que actúa como “Condensador” en el ciclo de producción de calor, pasa a actuar como “Evaporador”. (ver figura 3)

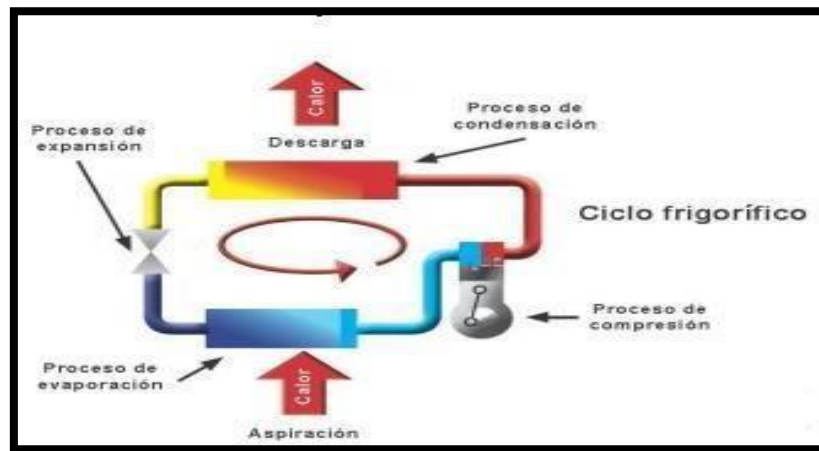


Figura 3: Ciclo de Calefacción y Refrigeración
Fuente Richard Hudson

En ciclo de producción de frío, pasa a hacerlo como “Evaporador” en ciclo de producción de calor. Ello hace que las Bombas de Calor reversibles dispongan de una facultad que no dispone ninguna otra tecnología de climatización: el mismo equipo puede producir calefacción y/o agua caliente sanitaria (ACS) o refrigeración, simplemente activando el ciclo deseado.

¿Cuáles son sus aplicaciones?

Existen numerosas aplicaciones para las Bombas de Calor, no solo en lo referente a la climatización para confort y a la producción de ACS, sino para el mantenimiento de las condiciones adecuadas de salubridad en actividades deportivas (por ejemplo, en piscinas cubiertas), la climatización y la producción de agua fría o caliente en procesos industriales, entre otras. Estas aplicaciones están relacionadas con sus numerosas tipologías, que se pueden clasificar atendiendo a la naturaleza de las fuentes, exterior e interior, con las que se intercambia calor.

Beneficios de la Bomba de Calor

Son numerosos los beneficios que aportan las Bombas de Calor, derivados de su propia naturaleza y de la avanzada tecnología de que disponen. Entre ellos cabría destacar:

- **Confort.** Generan un ambiente saludable manteniendo la temperatura ambiental adecuada en todo momento gracias a su elevada capacidad de regulación. Muchas de las tipologías de Bomba de Calor disponen de filtros que aseguran una elevada calidad del aire.
- **Eficiencia.** Multiplican la potencia eléctrica o térmica que absorben con la energía capturada procedente de fuentes externas y gratuitas.
- **Ahorro.** Solo una parte de la energía térmica producida corresponde a la energía eléctrica o térmica absorbida, con lo que los costes de operación son reducidos.
- **Fiabilidad.** Se trata de una tecnología avanzada a la vez que madura, siendo el sistema más utilizado en los sectores con grandes necesidades de climatización, como el comercial y el industrial.
- **Tranquilidad.** Son equipos que requieren un mantenimiento muy sencillo. Al estar formados por circuitos de refrigerante cerrados, no requieren recargas de gas.
- **Sostenibilidad.** Utilizan energía procedente de fuentes renovables, reduciendo las emisiones indirectas de CO₂ como consecuencia directa de su elevada eficiencia de funcionamiento.
- **Funcionalidad.** Pueden proporcionar calefacción, refrigeración y agua caliente, incluso mediante un solo equipo, por lo que pueden utilizarse durante todas las estaciones del año. Sus numerosas tipologías, tamaños y prestaciones permiten ofrecer una solución a prácticamente todas las necesidades que pueden existir de climatización y de producción de ACS.

2.21 Bases Legales

Villafranca D, (2002) afirma que “Las bases legales no son más que las leyes que sustentan de forma legal el desarrollo del proyecto”, quiere decir que no son más que aquellas normas necesarias que permiten respaldar el trabajo de investigación, ya que como lo dice es el sustento legal. Permite informar tanto al investigador como a cualquier otro interesado de los aspectos legales pertinentes al trabajo.

Se seleccionarán como bases legales que sustentan la investigación lo siguiente: la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), Tratado de Montreal (1989), y la

Enmienda de Kigali (2006)

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela en su artículo 127, indica lo siguiente:

Artículo 127: Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos.

Lo anterior guarda concordancia debió a que en ella se establece la educación como un derecho humano que tiene como finalidad desarrollar el potencial creativo de cada ser humano y el pleno ejercicio de su personalidad, entendiéndose el desarrollo tanto de la persona como el del espíritu.

Por su parte el Tratado de Montreal, indica lo siguiente:

La República Bolivariana de Venezuela forma parte del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, según Gaceta Oficial N° 34.010 de fecha 19 de julio de 1988 y, posteriormente, en Gaceta Oficial N° 34.134 de fecha 11 de enero de 1989, se ratifica el Protocolo de Montreal, asumiendo el compromiso de controlar y minimizar la producción, consumo y comercialización de estas sustancias.

Mientras que la Enmienda de Kigali describe lo siguiente:

De acuerdo a la propuesta, la más reciente de esta enmienda se aprobó en el marco de la XXVIII Reunión de las Partes (MOP28) celebrada en Kigali, Rwanda, en octubre de 2016, en virtud de la cual se procederá a la reducción de la producción y el consumo de hidrofluorocarbonos (HFC), que son poderosos gases de efecto invernadero que tienen un potencial de calentamiento atmosférico importante, lo cual conlleva a asumir nuevos retos en el marco del Protocolo de Montreal. La Enmienda de Kigali entró en vigor el 1 de enero de 2019. El origen de esa enmienda es resultado de la relación entre el deterioro de la capa de ozono y otra problemática global: el cambio climático, definido como el incremento gradual de la temperatura de la Madre Tierra, conocido como calentamiento global, acompañado de una mayor frecuencia e intensidad de los fenómenos climáticos.

2.3 Definición de Términos:

- **Bomba de calor:** es el nombre que se le da a este tipo de sistema de calentamiento de

agua para provocar el reemplazo de otro método de calentamiento.

- **Calor:** el calor se le llama a la sensación de una temperatura elevada, sin embargo, el calor no existe es solo un trabajo en tránsito debido a que está sujeto a cambios de temperaturas.
- **Compresión:** este término se usa al momento de que un objeto por ejemplo un pistón comprima un gas.
- **Compresor:** es el encargado de impulsar fluidos y a su misma vez aspirarlos.
- **Condensador:** su función es condensar el gas refrigerante que entra en estado gaseoso a estado líquido 100% saturado.
- **Evaporador:** Su función es transformar el gas refrigerante líquido en estado gaseoso 100% saturado.
- **Fluidos:** es todo aquel líquido o gas que se encuentre adentro de un sistema.
- **Frío:** así se le llama al concepto de sentir u obtener una baja temperatura, sin embargo, el frío no existe es solo la ausencia del calor
- **Válvula de expansión:** su función es provocar una caída de presión y a su vez de temperatura para ingresarlo en el evaporador.
- **Válvula 4 vías:** su función es guiar al refrigerante a distintas tuberías con el fin de poder hacer un ciclo inverso.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

La metodología del proyecto incluye el tipo de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Es el "cómo" se realizará el estudio para responder al problema planteado. Según Arias (2006) señala el marco metodológico como el “Conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas” (p.16). Es decir, es el conjunto de actividades y procedimientos que realiza el investigador para llevar a cabo su estudio.

3.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios” afirman Palella & Martins (2012)’; se describe todo el proceso en el cual se ubica el estudio, en este punto cada investigador organiza su método a utilizar de acuerdo a sus objetivos que pretende lograr. La escogencia del tipo de investigación determinará los pasos a seguir del estudio, sus técnicas y métodos que puedan emplearen el mismo.

Por lo mismo dicho en lo anterior esta investigación se torna de tipo proyecto factible los autores Palella y Martins (2012), indican que el proyecto factible: “consiste en elaborar una propuesta viable destinada a atender necesidades específicas, determinadas a partir de una base diagnóstica”. El proyecto se realizará bajo la modalidad de proyecto factible, ya que se supone una propuesta que resuelve un problema al ambiente.

3.2 Diseño de la Investigación

Dicho Palella y Martins (2012), expresan que el diseño de la investigación “se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, dificultado inconveniente planteado en el estudio” (pag.80). Las consideraciones para la investigación establecen que el diseño de esta investigación se apoyara en un diseño documental y de campo, puesto que se necesita recaudar toda la información teórica que sustente el trabajo, en un campo de trabajo bastante amplio donde se incluye un panorama real y actual del consumo eléctrico. Debido a que se obtendrá información mediante la observación directa de la problemática a investigar y se propondrá una posible solución al problema planteado.

3.3 Nivel de la investigación

Con relación al nivel de conocimiento, la investigación se encuentra situada dentro de los parámetros de la investigación descriptiva, ya que posibilita efectuar una conveniente percepción del comportamiento de los distintos procesos de una manera específica, estableciendo los diferentes procesos de una forma particular y determinando los diferentes componentes que lo forman.

Con respecto a esto Arias F. (2006), “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento”. Se describen los hechos tal y como son observados. Además, es del tipo interactiva, ya que se pretende modificar el evento a estudiar, luego de un análisis se identifican los cambios a realizar y se plantean a través de una propuesta.

3.4 Población y muestra

Según Balestrini (2000), define la población como “ un conjunto finito a infinito de personas, cosas o elementos que presentan características comunes” (p.140). Es decir la población está asociado al tema de estudio, contextualizándolo con el presente estudio , la empresa Tecno refrigeración y rebobinados M C, C, A. ubicada en la zona industrial de San Vicente Maracay Edo Aragua , presta el servicio de manufacturación de compresores a pistón de aires acondicionado y refrigeración industrial, dicha empresa posee solo un modelo de Bomba de Calor identificada (Bomba de calor Wpj20), en este caso la población y la muestra fueron la misma, denominada estudio Tipo Censal.

Según Palella y Martins (2012) señala “cuando se propone un estudio, el investigador tiene dos opciones: abarcar la totalidad de la población lo que significa hacer un censo o estudio tipo censal” (p. 116)

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Técnicas de investigación**

Las técnicas de investigación son el conjunto de herramientas, procedimientos e instrumentos utilizados para obtener información y conocimiento. Se utilizan de acuerdo a los pin (protocolos establecidos en cada metodología determinada. De manera más simple, las técnicas de investigación son las herramientas y procedimientos disponibles para un investigador cualquiera, que le permiten obtener datos e información. Sin embargo, no garantizan que la interpretación o las conclusiones obtenidas sean correctas o las que se buscaban. Para esto último

se necesita una metodología o un método.

- **Observación Directa**

Para el autor Pallela y Martins (2012) expone que la observación “es directa cuando el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho o fenómeno que trata de investigar”. Por esta razón en la presente práctica de investigación se utilizará como método de recolección de datos principal la observación directa, ya que se ajusta a lo que se necesita, mediante ella se podrá verificar el proceso productivo. Del mismo modo, a través de la visualización de la situación de estudio se recolectarán los elementos necesarios para la investigación. Para asentar las observaciones a realizar se utilizará como instrumento un bloc de notas.

- **Revisión Documental**

Es una técnica que se basa en la búsqueda de los documentos ya registrados y realizados por otro investigador. En el caso de este trabajo se revisará información de distintas fuentes como los manuales de trabajos, diferentes trabajos de grado.

- **Instrumentos de investigación**

Las técnicas de investigación son las diferentes maneras, formas o procedimientos utilizados por el investigador para recoger u obtener los datos o la información que necesita. Constituyen el camino hacia la consecución de los objetivos propuestos para resolver el problema que se está investigando. Los instrumentos de investigación son los recursos que el investigador puede utilizar para abordar problemas y fenómenos y extraer información de ellos: formularios en papel, dispositivos mecánicos y electrónicos que se utilizan para recoger datos o información sobre un problema o fenómeno determinado. Cuestionario, termómetro, escalas, ecogramas.

Según Bernardo y Calderero (2000) consideran que “los instrumentos es un recurso del que los instrumentos y extraer de ellos información. Dentro de cada instrumento pueden distinguirse dos aspectos diferentes: una forma y un contenido. La forma del instrumento se refiere al tipo de aproximación que establecemos con lo emperico, a las técnicas que utilizamos para esta tarea. En cuanto al contenido, este queda expresado en la especificación de los datos concretos que necesitamos conseguir; se realiza, por tanto, en una serie de ítems que no son otra cosa que los indicadores bajo la forma de preguntas, de elementos a observar”

Matriz FODA

Consiste en centrar el trabajo en la problemática, con el fin de simplificar los datos y utilizar los más relevantes que ayuden a la solución del problema. El análisis FODA es una herramienta que permite conformar un cuadro de la situación actual del objeto de estudio permitiendo de esta manera obtener un diagnóstico preciso que permite, en función de ello, tomar

decisiones acordes con los objetivos y políticas formulados

Diagrama Ishikawa

El Diagrama de Causa y Efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico, permitiendo analizar las variables críticas encontradas. Se centra en descubrir el significado de cada información a evaluar, buscando familiarizarse con el contenido y con los temas que trata

Fases Metodológicas

FASE I: Diagnóstico de la situación actual referente a los sistemas de calentamiento existentes en Venezuela.

En esta fase se llevó a cabo sobre los países mayores consumidores energéticos en Latinoamérica, dando como resultado que Venezuela es el país mayor consumidor de energía de Latinoamérica sobre pasando países como Chile, Ecuador, Argentina, entre otros. Estudios revelan que Venezuela consume 4.179 KW/h por cada habitante; esto debido a la problemática en el país del poco control que hay con la electricidad. De igual manera se les hizo seguimiento a las emisiones de CO₂ provocadas por el alto consumo energético en Venezuela dando como resultado que desde el año 2002 las emisiones han sido más extensivas.

FASE II: Análisis de las variables críticas que intervienen en el proceso de calentamiento del agua.

Se realizó una investigación sobre los efectos negativos que conlleva el calentamiento del agua mediante el sistema de calentamiento (resistencia eléctrica) y seguir avanzando en el proceso de investigación en pro al medio ambiente y al consumo energético. Haciendo uso del Diagrama de Ishikawa se demostró de forma gráfica el problema tomando como referencia 5 factores (Medio ambiente, Materiales, Método, Mano de obra y maquina) una vez realizado se llevó a cabo la herramienta de los 5 porque tomando las variables críticas del proceso.

FASE III: Diseño y construcción del sistema de calentamiento en una bomba de calor.

Se plantea la idea de diseñar este sistema en un simulador con el fin de comprobar de que es factible el uso de una bomba de calor que de una resistencia eléctrica y de esta manera provocar un menor impacto ambiental y un bajo consumo energético en Venezuela debido a la gran magnitud de apagones que ha habido en los últimos años

FASE IV: Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y financiera del uso de una bomba de calor para el calentamiento de agua residencial.

La operatividad de una bomba de calor para el calentamiento de agua residencial es una propuesta eficiente, debido a que su consumo energético es proporcionalmente ahorrativo, lo que provoca un menor impacto al efecto invernadero siendo así un mejor método para calentar agua.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Diagnóstico de la situación actual referente a los sistemas de calentamiento existente en Venezuela.

Cada hogar, negocio, conjunto residencial requiere de un sistema para calentar el agua; las dos fuentes de energía principal utilizadas son la electricidad y el gas natural, sin embargo, en países industrializados y en vías usan los sistemas híbridos, dichos sistemas utilizan más de dos fuentes de energías para la generación de agua caliente puede ser de electricidad y paneles solares.

El caso que ocupa el presente estudio se dirige al sistema de calentamiento de agua residencial en Venezuela, la cual se usa mayormente a través de una resistencia eléctrica. Al respecto en palabras de Rodríguez (2016) señala que aun cuando en Venezuela posee un sistema eléctrico centralizado y dependiente, lo que actualmente ha generado un frágil sistema eléctrico, siendo mediante calentadores eléctricos la principal forma de calentar el agua (p.15) los calentadores de agua eléctricos son una de las opciones más económica y accesible para calentar el agua en las casas, ya que no requiere de una infraestructura adicional en el hogar , solo se requiere de una red eléctrica .

En tal sentido, el calentador de agua eléctrico constituye un tanque que calienta y acumula agua y la mantiene a determinada temperatura a través de una resistencia eléctrica. Ahora bien, se diagnostica sobre el sistema de calentamiento de agua residencial en Venezuela tomando la matriz FODA como herramienta de gran utilidad en el análisis estratégico

Para Francés (citado por Bellorin 2005) la matriz FODA permite resumir los resultados de la unidad de análisis externo e interno y sirve de base para la formulación estratégica. En tanto un análisis FODA juicioso y ajustado a la realidad provee excelente información para la toma de decisión y permite tener una mejor perspectiva del análisis situacional.

Cuadro 1: Matriz FODA Sistema de Resistencia Eléctrica

Análisis Interno	
Fortalezas (F)	Debilidades (D)
-Menor inversión inicial -Facilidad de instalación -Ofrece temperatura constante -Se evita peligros asociados al Gas. -Los grados de temperatura se mantienen (eficiencia). - Altamente comerciable.	-Cantidad de Agua limitada -Requiere de una electricidad constate -Se necesita espacio para su colocación. -Alto consumo de Energía -Se necesita hábito y disciplina para su uso.
Análisis Externo	
Oportunidad (O)	Amenazas (A)
-Disponibilidad y seguridad. -Genera innovación tecnológica. -Se puede adaptar a un sistema hibrido (paneles solares).	-Alto consumo de energía. -Impacto Nocivo en el ambiente (efecto invernadero). -Alto gasto de pago de electricidad para el usuario

Fuente: Martínez, J. (2022)

En el Cuadro 1, se presenta la matriz FODA donde se expone la fortalezas , debilidades, oportunidades y amenazas que posee el sistema de resistencia eléctrica como opción para obtener agua caliente residencial , de tal manera esta matriz permite realizar un análisis de la situación actual, así como los posibles escenarios a los cuales pudiera enfrentarse dicho sistema, es decir, permite estudiar tanto su análisis interno como externo, dando como resultado un análisis de las estrategias para ofrecer una alternativa en función a las amenazas como el alto consumo energético e impacto nocivo en el ambiente.

Cuadro 2: Análisis DOFA

Estrategias A+F	Estrategias F+O
1. Desarrollar un sistema de calentamiento de agua residencial con facilidad de instalación y recursos, además que tenga un menor consumo de energía e impacto nocivo para el ambiente.	1. Crear un dispositivo que ayude al desarrollo de la tecnología, aprovechando los recursos naturales que permita un mayor ahorro de agua como de electricidad, en pro del impacto ambiental.
Estrategias D+O	Estrategias D+A
1-El sistema propuesto debe tener alto rendimiento y eficiencia en la cantidad de agua y temperatura constate, además que el espacio de colocación sea versátil, asimismo su uso.	Desarrollar un dispositivo que reduzca los costos de inversión, ahorre energía y sea competitivo en el mercado.

Fuente: Martínez, J. (2022)

En función al cruce de las estrategias denominada análisis DOFA, se propone desarrollar un sistema de calentamiento de agua residencial con facilidad de instalación y recursos, además que tenga un menor consumo de energía e impacto nocivo para el ambiente. Asimismo, el sistema propuesto debe tener alto rendimiento y eficiencia en bajo consumo de energía y por ende bajo costo e impacto medio-ambiental. De igual manera se les hizo seguimiento a las emisiones de CO2 provocadas por el alto consumo energético en Venezuela dando como resultado que desde el año 2002 las emisiones han sido más extensivas

4.1 Análisis de las variables críticas que intervienen en el proceso de calentamiento de agua residencial.

Los métodos que existen para obtener agua caliente residencial es caldera de gas, el cual se utiliza el gas como fuente de calor, resistencia eléctrica y los sistemas hibridas con paneles solares. No obstante, en Venezuela el método que se usa convencionalmente es la resistencia eléctrica, en atención a ello se usó el diagrama de Ishikawa, para analizar los efectos negativos y positivos que conlleva el calentamiento del agua en pro al medio ambiente y al consumo energético. Siendo esta la principal variable critica el calentamiento del agua

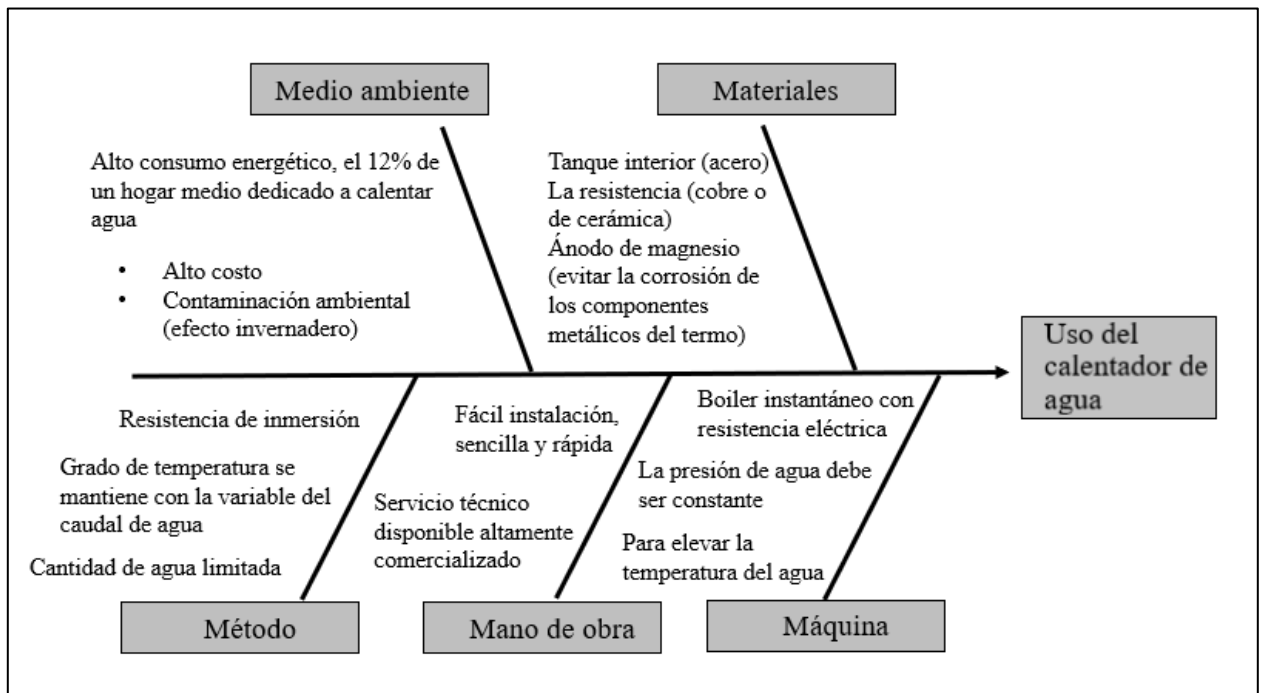


Figura 4: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Martínez, J. (2022)

4.1 Diseño y construcción del sistema de calentamiento en una bomba de calor.

La propuesta del diseño de sistema de bomba de calor para el calentamiento de agua residencial atiende a dos aspectos fundamentales; la disminución del consumo eléctrico lo que se traduce a un ahorro de energía considerable, ya que dicho sistema gastaría una fracción de la energía que gasta el calentador eléctrico lo que contribuirá a disminuir el impacto ambiental (efecto invernadero).

Descripción Sistema Con Bomba de Calor

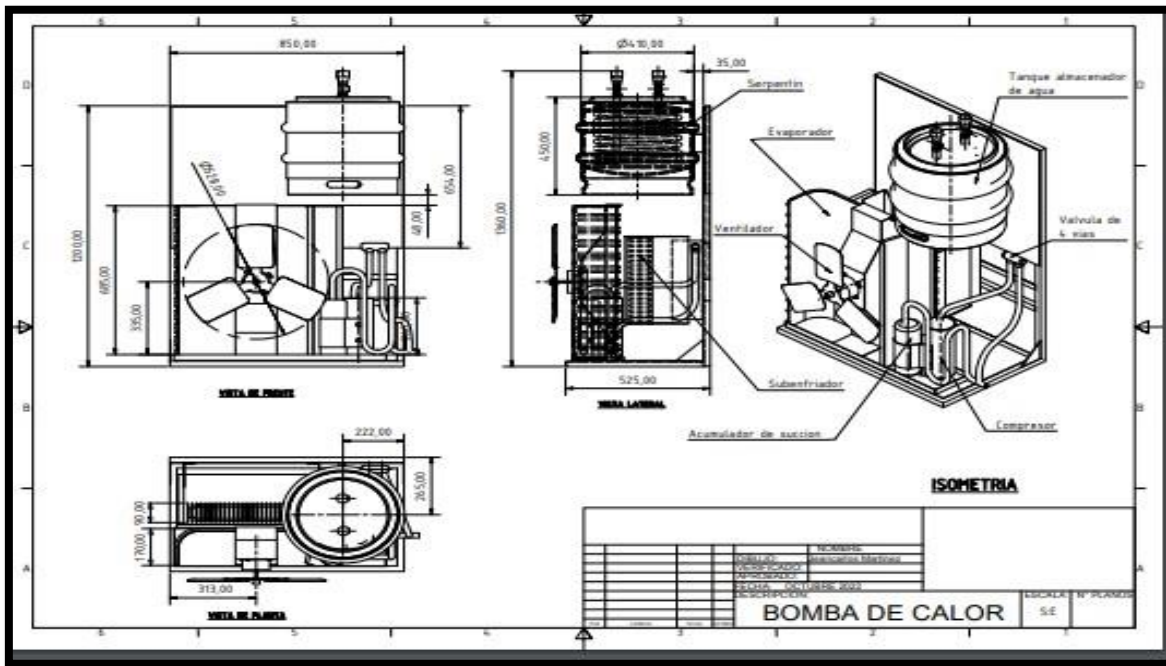


Figura 5. Plano 2D Sistema con Bomba de Calor

Fuente: Martínez, J. (2022)

Procedimiento:

Para la realización del sistema se usaron los siguientes elementos: compresor, válvula 4 vías, capilar, serpentín, evaporador, Tanque (que es donde se almacenará el agua caliente); en el cuadro 3 se describen las características de cada uno de los componentes. Los componentes se seleccionaron por lo siguiente, un compresor de 11500BTU es capaz de calentar un tanque de 30 litros a una temperatura de 50°C, el evaporador se seleccionó por la selección previa del compresor que es capaz de evaporar el gas refrigerante, la válvula 4 vías se seleccionó porque puede invertir el proceso de calentar a enfriar el agua, el serpentín porque es capaz de condensar el refrigerante en

forma de espiral, el capilar porque es para uso domestico y baja la presión como se desea, el tanque porque de 30 litros porque el compresor es capaz de calentar el agua con esa capacidad de almacenamiento. La ficha técnica de la unidad condensadora se eligió por su bajo amperaje, el tubo capilar baja a una presión de 109 psi sabiendo que su presión de alta es de 307psi, se usa refrigerante R290 debido a su bajo GWP (Global Warming Potential). Se eligió el tanque en acero inoxidable debido a que el agua no lo dañará con el tiempo, porque es resistente a altas temperaturas y porque almacena la temperatura del agua por un tiempo largo, no se usó otro material del tanque porque no aguantaría el calor por un largo tiempo.

Cuadro 3: Características de los elementos del sistema de Bomba de Calor

Elemento	Capacidad	Medida	Modelo
Compresor	11500BTU	30x25cm	- QK164KKBK
Válvula 4 vías	5W	7x4cm	- Fdit
Capilar	12000BTU	0.80x0.64cm	- emmsa
Serpentín	340psi	3/8"	- K
Evaporador	11500BTU	10x68cm	- KGC
Tanque	30 litros	45x41cm	- Nyf

Fuente: Martínez, J (2022)

A continuación, se observa en la figura 6 el compresor seleccionado con capacidad de 11500BTU modelo QK164KKBK



Código	Modelo LG	Fuente de alimentación	Capacidad
			Btu/hr
1000000097	QK164KKBK/QK173K	1PH, 208-230V, 60Hz	11500
1000000096	QK164CBF	1PH, 115V - 60Hz	11600
1000000098	QJ230KDA	1PH, 208-230V, 60Hz	16300
1000000099	QJ264KAB/QJ258KDA	1PH, 208-230V, 60Hz	18650
1000000100	QP348KCE	1PH, 208/230V - 60Hz	25700
1000000101	QP325KBE	1PH, 208-230V, 60Hz	24000
1000010965	QJS258KMA	1PH, 208-230V, 60Hz	18600
1000010975	QV325KAB	1PH, 208-230V, 60Hz	23100
1000010976	QKS168KMB	1PH, 208-230V, 60Hz	11450
1000016531	QVS308K	1PH, 208-230V, 60Hz	22600
1000016532	QP390KDA	1PH, 208-230V, 60Hz	29200

Figura 6: Compresor de la Bomba de Calor
Fuente: Compresores y servicios LG

Ficha técnica de la unidad condensadora: lo que ahora se convertirá en evaporador recordando que esto es un ciclo invertido que puede funcionar como evaporador o condensador



Figura 7: Unidad Condensadora
Fuente compresores LG

Ficha técnica de capilares: en este caso se seleccionó el capilar 40”x 0.64 para lograr bajar la presión del sistema.



Medidas de capilares para reemplazar en equipose de aire acondicionado que utilizan freon 22

B.T.U.	Capilar - CORTO	Capilar - LARGO
4500	36" X 042	80" X 049
5000	25" X 042	64" X 049
5500	20" X 042	52" X 049
6000	40" X 049	75" X 054
6500	35" X 049	65" X 054
7000	28" X 049	52" X 054
8000	36" X 054	65" X 059
9000	28" X 054	43" X 059
10.000	36" X 059	64" X 064
11.000	28" X 059	50" X 064
12.000	40" X 064	68" X 070
13.000	32" X 064	56" X 070
14.000	44" X 070	70" X 075
15.000	36" X 070	53" X 075
16.000	30" X 070	48" X 075
17.000	38" X 075	66" X 080
18.000	35" X 075	55" X 080
19.000	28" X 075	48" X 080

Figura 8: Tubería y Medidas de capilares
Fuente Capilares y tuberías. Freón repuestos

4.3.1 Ciclo de Refrigeración con el Serpentín

El serpentín tiene la función del condensador solo que en vez de las tuberías estar de lado a lado como están normalmente en un condensador, éste va en forma de espiral para que pueda hacer su transferencia de calor convirtiéndose de gaseoso a líquido

- El subenfriador se usa para bajar la temperatura del refrigerante y exista una ganancia térmica.
- El capilar hace la función de bajar la presión y a su misma vez la temperatura del refrigerante de manera que sea más fácil evaporar el refrigerante.
- El evaporador funciona para evaporar el refrigerante que proviene de un estado líquido convirtiéndolo en estado gaseoso para garantizar que el compresor no se le introduzca líquido.
- El compresor solo comprimirá el gas refrigerante en estado gaseoso para calentar el serpentín y el agua dentro del tanque se pueda calentar gracias a su elevada presión y temperatura.
- La válvula 4 vías se usa para comunicar el gas refrigerante a los distintos dispositivos siendo este su principal función hacer el ciclo inverso cuando se desee.



Figura 10. Tanque

Fuente: Martínez, J. (2022)

Se observa en la figura 10 el tanque de acero inoxidable, en el cual se usaron unas platinas de teflón para que sostener la tubería de cobre y de esta manera no se uniera la tubería de cobre con el tanque de acero inoxidable. Adicionalmente, se puede apreciar la resistencia eléctrica abajo del tanque con el fin de poder comparar la energía que consume la bomba de calor y la resistencia.

En la figura 11 se puede evidenciar el momento en que se está soldando la tapa del tanque con soldadura TIG y en la figura 12 se realiza el procedimiento de colocación de tubos y con un cortador para que se adapte mejor al sistema.



Figura 11: Tapa de Tanque

Fuente: Martínez, J. (2022)



Figura 12: Tubería del Sistema
Fuente: Martínez, J. (2022)

En la figura 13 se visualiza el momento en que se realiza la soldadura sólido-líquido con varilla de plata 5% para que el refrigerante fluya entre las tuberías y así evitar fugas. Y en la figura 14 se observa parte de la tapa que guarda el compresor para que se pueda visualizar el proyecto con sus tuberías unidas.



Figura 13. Soldadura Sólido- líquido
Fuente: Martínez, J. (2022)



Figura 14. Bomba de Calor (vista lateral)

Fuente: Martínez, J. (2022)

4.3.1 Descripción del sistema propuesto

Sistema interno: el compresor comprime el gas refrigerante pasando por la válvula de 4 vías para darle la dirección al serpentín o al evaporador recordando que esto es un sistema para producir frío o calor dependiendo lo que se requiera, luego de la válvula de 4 vías el gas refrigerante pasa a una alta presión al serpentín que se ubica dentro del tanque donde se calentará el agua, luego el refrigerante pasa por un subenfriador en estado líquido saliendo por un filtro, luego pasa por el capilar para disminuir su presión y temperatura entrando así al evaporador, después sale en estado gaseoso hacia la válvula 4 vías y así retornado por la válvula 4 vías a la succión del compresor

Procedimiento de ensamble: Se fabricó un chasis para colocar los componentes y el gas refrigerante será transportado a través de tuberías.

Ahorro energético del sistema: el ahorro se da cuando el agua se calienta a temperatura deseada alrededor de 50°C en ese momento el compresor comprime a menos velocidad provocando así el ahorro energético, al contrario de una resistencia eléctrica que siempre mantiene encendida, cuando la temperatura del agua empieza a disminuir el compresor vuelve a comprimir a gran velocidad hasta alcanzar la temperatura que se le determine.

4.3.2 Metodología para la determinación de la intensidad de Amperaje de la Bomba de Calor

I= intensidad del amperaje

P= potencia de la maquina

V= voltaje que utiliza la maquina

El diseño consiste en una bomba de calor que demostrara que consume menos energía que una resistencia eléctrica. La unidad evaporativa de la bomba de calor da 920W este valor ha sido seleccionado de la data chip que dio el fabricante y que está plasmado en la unidad condensadora. Seguidamente se hace el cálculo de intensidad para calcular el amperaje de la bomba. Hacemos la fórmula de amperios

$$1) \quad I = \frac{P}{V} \rightarrow I = \frac{920W}{220V} = 4.1A$$

El diseño consiste en demostrar que la resistencia eléctrica consume más amperaje que una bomba de calor. La resistencia tomando en cuenta que trabaja 1500W y 220V. Se hace la fórmula de amperios

$$2) \quad I = \frac{P}{V} \rightarrow I = \frac{1500W}{220V} = 6.8A$$



Dando como conclusión una diferencia de 2.7A y de igualmente tomando en cuenta que la bomba de calor también se puede aprovechar su frío como aire acondicionado

4.3.3 Metodología para la determinación de la Carga Térmica de la Bomba de Calor

Q= carga térmica de calor

m= masa volumétrica

diferencia de temperatura= la diferencia de temperatura ambiente con la que se quiere lograr

Cp= calor específico del fluido en este caso el agua

Se realiza la fórmula de calor para la carga térmica a vencer al tanque de la bomba de calor es la siguiente:

$$1) \quad Q = m \cdot \Delta T \cdot Cp \rightarrow Q = 30Kg \cdot (50 - 25)^{\circ}C \cdot 4.182 \frac{J}{Kg \cdot ^{\circ}C}$$

$$Q = 3136,5J$$

Es el resultado a la carga térmica a vencer, debido a que cuando se quiere enfriar o calentar un sistema, se hace un cálculo para saber cuánto frío o calor extrae el compresor del sistema, esto se hace para la selección de componentes.

4.3.4 Metodología para la determinación de la Formula de Eficiencia

η = Eficiencia

1= Constante

T2= Temperatura de salida

T1= Temperatura de Entrada

Las temperaturas en centígrados se llevan a absolutas, es decir, a K

$$1) \quad T_1 = 25^{\circ}C + 273,15K = 298K$$

$$2) \quad T_2 = 50^{\circ}C + 273,15K = 323,15K$$

$$3) \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \rightarrow \eta = 1 - \frac{323,15K}{298,1} = 0.08 \times 100\% = 8\%$$

La eficiencia se utiliza para describir la energía que un sistema puede extraer y hacer útil de su fuente de energía, por eso el sistema presentado arroja un 8% y demuestra que funciona para tal fin.

La 2da ley de la Termodinámica dice” es imposible construir una máquina que funcionando de manera continua, no produzca otro efecto que la extracción de calor de una fuente y la realización de una cantidad equivalente al trabajo”.

Y a su misma vez demuestra que no es 100% eficiente debido a que la ley de conservación de energía lo dice así “El límite superior de 100% viene impuesto por la ley de la conservación de la energía; es decir, ninguna máquina puede producir más energía mecánica de la que se le introduce en cualquiera de las formas posibles”.

4.3.5 Operatividad y Mantenimiento del Sistema Propuesto.

El sistema diseñado debe cumplir ciertas exigencias con el fin de asegurar su buen funcionamiento a lo largo de su vida útil.

El sistema consiste en usar la compresión del gas refrigerante como calentador de agua siendo el sistema que el compresor comprime el gas refrigerante este pasa por la válvula 4 vías enviándolo hacia el tanque donde se encuentra el serpentín, este mismo condensa el gas refrigerante convirtiéndolo en líquido el gas refrigerante, el refrigerante va hacia un subenfriador que consiste en bajar la temperatura del refrigerante para darle ganancia térmica, luego este pasa por un filtro para atrapar las impurezas, luego pasa por el capilar que funcionara para bajar la presión y temperatura del refrigerante, después pasa por un filtro para atrapar las impurezas (hay un filtro antes y después del capilar debido a que es un ciclo inverso) luego este pasa por el evaporador saliendo en estado gaseoso hacia la válvula 4 vías y después retornando al compresor y volviendo a hacer el mismo ciclo.

4.3.6 Instalación, Operación y Mantenimiento del sistema de Bomba de Calor

La instalación correcta del sistema propuesto permite el adecuado funcionamiento del mismo, por lo que se debe tener en cuenta la ubicación.

La ubicación del compresor va cerca del evaporador, en el caso de que no se aproveche el frío que produce el sistema ambos irían colocados afuera del hogar para evitar ruidos del compresor y así mismo en los días que lluevan pueda haber un aprovechamiento térmico por la causa de que la temperatura baja, lo que esto ayudaría al sistema.

El Modo de operación del Sistema de bomba de calor procede de la siguiente forma: una bomba de calor a su misma vez funciona como un aire acondicionado solo que se puede usar para ambos funcionamiento debido a que la bomba de calor lleva los mismos componentes que un aire acondicionado que son compresor, evaporador, condensador y válvula de expansión, aunque este último será cambiado por un capilar que se usa en sistemas pequeños como es la bomba de calor del proyecto y este capilar en vez de ser como la válvula de expansión que tiene un cuerpo y un bulbo el capilar es una tubería delgada en forma de espiral que su función única es bajar la presión del refrigerante.

El sistema funciona que el compresor comprime el gas refrigerante y ese calor que produce será aprovechado para calentar el agua a unos 50°C que se desea aproximadamente, el refrigerante en estado líquido pasa por el subenfriador para bajar la temperatura y haya una ganancia térmica, luego entra al evaporador y sale del evaporador hacia la válvula 4 vías enviándolo hacia el compresor nuevamente.

4.3.7 Mantenimiento

El flujo del refrigerante en el sistema (ver figura 15) debe cumplir ciertas exigencias con el fin de asegurar su buen funcionamiento a lo largo de su vida útil. A continuación, se indica algunas recomendaciones para mantener el funcionamiento del sistema:

- a) Cambios de filtro cada 6 meses.
- b) Cambio de aceite cada 6 meses.
- c) Revisar fugas que pueden ocurrir a lo largo de la instalación.

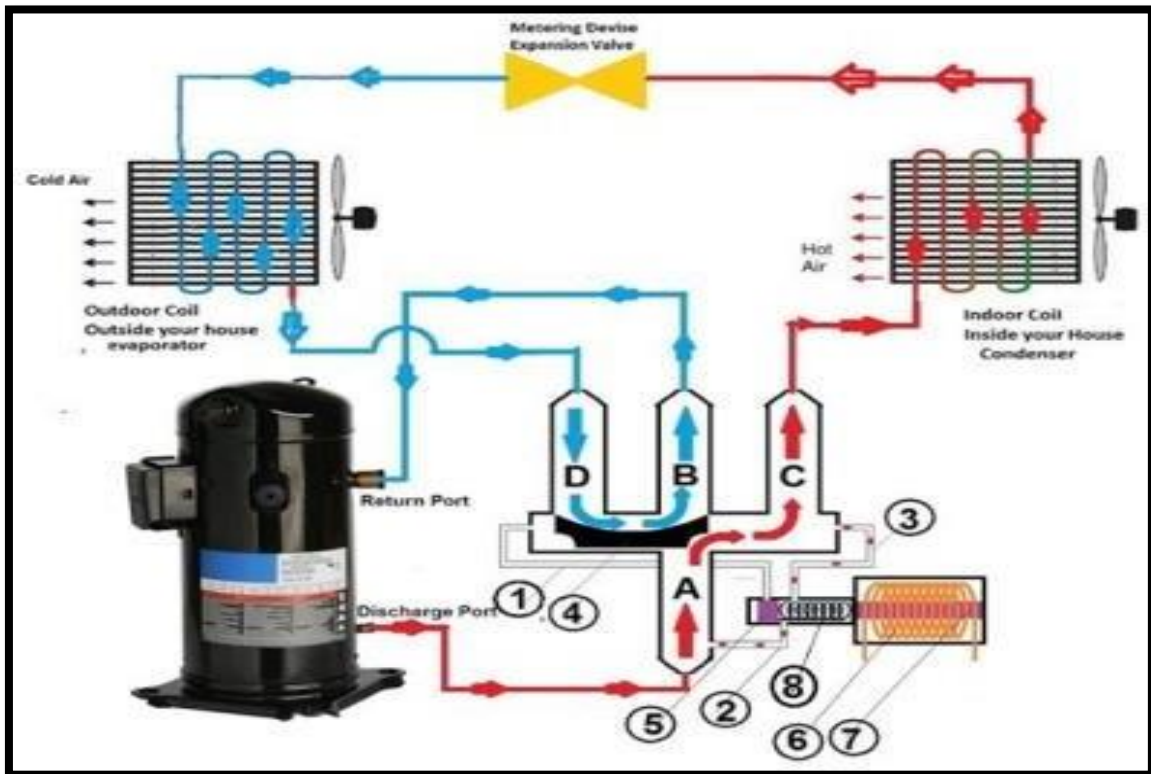


Figura 15: Flujo del refrigerante
Fuente: inversiones válvula 4 vías

Fase IV

4.4 Evaluar la viabilidad técnica, operativa, ambiental y financiera del uso de la bomba de calor para el calentamiento de agua residencial.

Actualmente se observa una tendencia al aumento en las necesidades de consumo energético y los costos asociados a este también han sufrido alzas considerables, además por la contaminación generada por las fuentes de energía tradicionales son factores que han causado un mayor interés por el uso de energía renovables y tecnologías limpias que brinde beneficios económicos y ambientales. Es por ello, la propuesta y diseño del sistema de calentamiento de agua residencial por medio de una bomba de calor, la operatividad de dicha bomba de calor es eficiente, debido a que su consumo energético es proporcionalmente ahorrativo, lo que provoca un menor impacto al efecto invernadero, siendo así un mejor método para calentar el agua de uso residencial.

4.4.1 Viabilidad Técnica

La viabilidad técnica de un proyecto se refiere a los recursos necesarios como

herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc, que son inevitables para efectuar las actividades o procesos del proyecto, generalmente se refiere a los elementos medibles. En el caso que ocupa el estudio, los recursos técnicos actuales son suficientes para la ejecución y operatividad del sistema de calentamiento de agua residencial por medio de una bomba de calor.

En este punto es benéfico el conocimiento de los ingenieros y técnicos que acompañó el proceso operativo del proyecto, ya que estos estuvieron receptivos a compartir experiencias, conocimientos, habilidades y destrezas para la ejecución del proyecto.

En este proyecto se observa los objetivos de la transferencia de calor como conducción y convección. La conducción está presente en el refrigerante que pasa a través de las tuberías de cobre, la convección se observa a través del cambio de temperatura que ocurre

4.4.2 Viabilidad Operativa:

La factibilidad operativa depende de los recursos humanos disponibles para el proyecto e implica determinar si el sistema funcionara y será usado una vez que se instales. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo.

Al respecto es relevante señalar esta característica de la viabilidad operativa señalado por el portal admdeproyectinginf.com La factibilidad Operativa “se refiere a que debe existir el personal capacitado requerido para llevar a cabo el proyecto y así mismo, deben existir usuarios finales dispuestos a emplear los productos o servicios generados por el proyecto o sistema desarrollado. (s/p)

Para la realización de bomba de calor se necesita de personas que conozcan el sistema como técnicos en refrigeración que dominen las presiones y soldadores que sepan hacer buenas soldaduras.

4.4.3 Viabilidad Ambiental

La viabilidad ambiental es el proceso de trámites que debe cumplir los proyectos de desarrollo, con el fin de obtener la aprobación de las autoridades ambientales, la cual está sujeta a legislaciones vigentes en materia al impacto Ambiental.

En este sentido, el estudio presentado responde con la viabilidad ambiental que fue pensado para disminuir el gasto energético que ocasiona los calentadores de resistencia eléctrica originando el impacto medio ambiental.

4.4.4 Viabilidad Económica

La viabilidad económica es el análisis exhaustivo de la relación costo beneficio del proyecto.

a) *Determinación de costo*

En este punto se detallan los valores correspondientes a la implementación del sistema con bomba de calor para el calentamiento de agua residencial en función a la disminución del consumo eléctrico; estructura y sistema de materiales utilizados y mano de obra.

b) *Costo de inversión*

En los cuadros 5 y 6 se visualizan los costos iniciales del proyecto, los cuales consisten en el desembolso para la adquisición de activos fijos, y comprende los valores que permanecerán en una manera durable en la empresa como son los materiales e insumos, así como la mano de obra requerida.

Cuadro 5: Materiales/ Insumos

Detalle	Cant	Valor (Unidad)	Valor Total
Compresor	1	100\$	100\$
Válvula 4 vías	1	26\$	26\$
Serpentín	1m	20\$	20\$
Capilar	1	5\$	5\$
Evaporador	1	130\$	130\$
Tanque	1	100\$	100\$
Sub total		381\$	381\$
IVA%		16%	16%
Total		442\$	442\$

Fuente: Martínez, J (2022)

Cuadro 6: Mano de Obra

Detalle	Cant	Valor (c/u)	Total
Construcción de Estructura	1	50\$	50\$
Construcción de instalación Eléctrica	1	25\$	25\$
Mano de obra Ingeniero	1	300\$	300\$
Mano de obra técnico	1	175\$	175\$
Total		550\$	75\$

Fuente: Martínez, J (2022)

Como se puede evidenciar en los dos cuadros anteriores, el costo total de materiales de la propuesta es de 442\$ y el costo total del servicio de mano de obra es 550\$. En tanto la inversión necesaria para implementar el sistema de acuerdo a estos precios son de un aproximado de 992\$. La recuperación de la inversión se obtendrá aproximadamente en un año.

Cabe destacar que en los países donde la tarifa de electricidad es considerable y significativa la opción del sistema de bomba de calor es una opción, ya que el costo de la electricidad y el ahorro energético e impacto ambiental es menor.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

En función a los objetivos propuesto del estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

Al diagnosticar la situación actual referente a los sistemas de calentamiento existente en Venezuela se observa que el sistema de resistencia eléctrica es el más usado y comercializado, lo cual este sistema acarrea unas amenazas como-Alto consumo de energía. -Impacto Nocivo en el ambiente (efecto invernadero). Alto gasto de pago de electricidad para el usuario.

Al Analizar las variables críticas que intervienen en el proceso de calentamiento de agua residencial del sistema de resistencia eléctrica se determina los siguientes factores:

- **El caudal de Agua:** si no se cuenta con un caudal de agua apropiado para la operatividad del Boiler, el mismo no funcionaría.
- **Energía Eléctrica constante:** si el fluido eléctrico falla la operatividad del sistema no funciona.
- **El alto consumo energético** impacta de manera considerable al medio ambiente (efecto invernadero.)

En tanto, estas variables criticas determinan un sistema vulnerable al consumo energético y al impacto medio-ambiental que sufre el planeta. Es por ello que se genera la propuesta del diseño de sistema de bomba de calor para el calentamiento de agua residencial atendiendo a dos aspectos fundamentales; la disminución del consumo eléctrico lo que se traduce a un ahorro de energía considerable, ya que dicho sistema gastaría una fracción de la energía que gasta el calentador eléctrico lo que contribuirá a disminuir el impacto ambiental (efecto invernadero)

Al evaluar la viabilidad técnica y operativa, del uso de la bomba de calor para el calentamiento de agua residencial, se confirma la operatividad y eficiencia de la bomba de calor debido a que su consumo energético es proporcionalmente ahorrativo, lo que provoca un menor impacto al efecto invernadero, siendo así un mejor método para calentar el agua de uso residencial. En relación a la viabilidad ambiental responde a que dicha propuesta fue pensada para disminuir el gasto energético que ocasiona los calentadores de resistencia eléctrica originando el impacto medio ambiental.

En tanto la inversión necesaria para implementar el sistema de acuerdo a estos precios son de un aproximado de 992\$. La recuperación de la inversión se obtendrá aproximadamente en un año. Cabe destacar que en los países donde la tarifa de electricidad es considerable y significativa la opción del sistema de bomba de calor es una opción, ya que el costo de la electricidad y el ahorro energético e impacto ambiental es menor.

RECOMENDACIÓN

Se recomienda hacer cambios de filtros cada determinado tiempo, una vez que se ha instalado se debe hacer cambio las primeras 48 horas, después de eso el cambio del filtro se puede hacer cada 6 meses para evitar que las impurezas atrapadas hagan que el sistema pierda presión.

Con el pasar del tiempo es normal que las tuberías sufran fugas por la vibración que tiene el sistema lo cual se tiene que corregir para evitar daños en el compresor por falta de refrigerante. En caso de que haya una fuga no dañara el ambiente ni favorecerá el efecto invernadero porque se está usando el refrigerante R290 que es ecológico.

Evitar que la instalación se haga cerca de ramas de arboles para evitar de que si una de estas se llega a caer evitar el daño de alguna tubería o de alguna parte del sistema.

En zonas costeras hay que hacer mantenimiento mas seguidamente debido al que el salitre puede acumularse en alguna parte del sistema y evitar su funcionamiento total.

REFERENCIAS

- Arias, F (2006) **El Proyecto de Investigación**: Caracas. Ed Episteme.
- Balestrini, M (2000). **Como Se elabora el Proyecto de Investigación**. Caracas. Consultores Asociados.
- Bellorin, V. (2005) **Definición de Propuesta de Valor para el desarrollo de un colector termo solar** .[Documento en línea] Disponible en:
<http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAQ4475.pdf>[Consulta 2022 agosto 15]
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999, 30 de diciembre). Gaceta Oficial N° 36.860.
- Copo (2012). <https://www.atlascopco.com/articles/physics-hermodynamicsintroduction#>
- Cumbajin, D. (2019) **Optimización de un sistema de calentamiento de Agua**. [Documento en línea] Disponible en: repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5425/1/PI-001362.pdf Consulta 2022 agosto 19].
- Datos mundiales (2014) **Balance energético**. <https://www.datosmundial.com/venezuela/balance-energetico>.
- Domínguez, A. (2017) **Diseño de una bomba de calor para calentamiento de agua y abastecimiento al laboratorio de operaciones unitarias**.
- Enmienda de Kigali (2006, 7 de marzo). Gaceta Oficial N° 38.392
- Gas Nature (2014). **Bombas de calor**. <https://www.gasnature.com/actualidad/qu%C3%A9-son-las-bombas-de-calor-y-sus-principales-ventajas>.
- GlobalPetrolPrices (2022). **Colombia precios de la electricidad**. https://es.globalpetrolprices.com/Colombia/electricity_prices/.
- Gómez, I. (2020) **Diseño de una bomba de calor por CO2** Blog Junker (2008) <https://blog.junkers.es/que-es-una-bomba-de-calor-ventajas-hogar/>.
- Palella, M y Martins, F (2012). **Metodología de la Investigación Cuantitativa**. Caracas: Venezuela, FEDEUPEL.
- Resistències Elèctriques Asturgó, s.l. (2022). **Resistencias eléctricas**. Barcelona, España. Edición 10.

- Rodríguez, J. (2016) **Análisis para determinar el sistema d ACS solar más óptimo para una residencia estándar en la Isla de Margarita, Venezuela.** [Documento en línea] Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/350753>. [consulta 2022 agosto 23].
- Torres, M. (2019) **Evaluación Térmico-Económica de una Bomba de calor como respaldo de un sistema de calentamiento solar residencial**” [Documento en línea] Disponible en: <https://www.repositorioinstitucionaluacm.mx/jspui/bitstream/123456789/1044/3/Marco%20Antonio%20Torres%20Reyes.pdf>[Consulta 2022 agosto 19] Tratado de Montreal (1989, 1 de enero). Gaceta Oficial N° 34.134.
- Villafranca D, (2002) **Metodología de la Investigación.** Bogotá: Colombia. Editorial McGraw Hill. Interamericana.