



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Aplicación de las leyes termodinámicas en la mejora del rendimiento de una bomba de calor, 2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera industrial

AUTORES:

Lizeth Victoria Aguilar Salinas

Ronald Alexander Mamani Jayo

ASESOR:

Mgr. Conde Rosas Roberto Carlos

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistema de Gestión Empresarial y Productiva

LIMA – PERÚ

2018

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) **Lizeth Victoria Aguilar Salinas**, cuyo título es: "**Aplicación de las leyes termodinámicas en la mejora del rendimiento de una bomba de calor, 2018**"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **17 Diecisiete**.

Lima, San Juan de Lurigancho, **14 de julio del 2018**



Mgr. Meza Velásquez marco Antonio
 PRESIDENTE



Mgr. Conde Rosas Roberto Carlos
 SECRETARIO



Mgr. Santos Esparza Carlos Enrique
 VOCAL

	 Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC		 Vicerrectorado de Investigación

Dedicatoria

Dedicamos el presente trabajo y toda nuestra carrera universitaria a Dios, porque estuvo a nuestro lado en todo momento brindándonos las fuerzas necesarias para seguir adelante para el logro de nuestros objetivos.

A nuestros padres ya que son las personas responsables de inculcarnos los valores y principios para ser hoy en día los profesionales que somos.

A nuestros familiares y amistades en general por habernos brindado su apoyo desde el inicio hasta el término de nuestra carrera profesional.

Agradecimientos

A nuestros profesores que fueron los responsables de nuestra formación académica, y haber compartido con nosotros sus conocimientos.

A nuestros asesores por su presencia crítica y cuidadosa sobre sus aportes, comentarios y sugerencias durante sus supervisiones durante el desarrollo de esta investigación, y a vernos guiado hasta lograr su término.

A nuestra facultad de Ingeniería Industrial por ser nuestra casa de estudios que nos brindó las facilidades para el desarrollo de nuestra carrera.

A nuestros compañeros por haber sido parte de toda nuestra vida universitaria y motivarnos continuamente a seguir superándonos.

Declaratoria de autenticidad

Yo Lizeth Victoria Aguilar Salinas con DNI N° 46460701, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de 07 de 2018



Lizeth Victoria Aguilar Salinas
DNI: 46460701

Declaratoria de autenticidad

Yo Ronald Alexander Mamani Jayo con DNI N° 47857391, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de 07 de 2018



Ronald Alexander Mamani Jayo
DNI: 47857391

Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Aplicación de las leyes termodinámicas en la mejora del rendimiento de una bomba de calor, 2018”, cuyo objetivo fue de qué manera la aplicación de las leyes de la termodinámica mejorara el rendimiento de una bomba de calor y que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero industrial. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se explica se dará una introducción, donde se muestra el marco teórico que nos permitirá dar solución al problema planteado, la justificación del estudio, hipótesis, los objetivos; en el segundo capítulo se muestra al marco metodológico el cual contempla el diseño de la investigación, las variables y operacionalización, población y muestra, también las técnicas e instrumentos, los métodos de análisis de datos y aspectos éticos, en el tercer capítulo se detalla los resultados de cuanto se cumplió los objetivos, se realizó una descripción del proceso y funcionabilidad del prototipo, la aplicación de las leyes de la termodinámica y conocer cuánto mejoro su rendimiento en comparación a una bomba convencional . En el cuarto capítulo se explica la discusión en base a la comparación con los antecedentes y los resultados obtenidos. En el quinto capítulo se presenta las conclusiones obtenidas de la aplicación y análisis de los datos. En el sexto capítulo se detalla las recomendaciones derivadas del estudio.



Lizeth Victoria Aguilar Salinas



Ronald Alexander Mamani Jayo

Resumen

El objetivo de la investigación es determinar de qué manera la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el rendimiento de una bomba de calor. Asimismo, la metodología empleada fue un tipo de estudio explicativo, mientras que su diseño de investigación es cuasi-experimental, ya que se realizará una pre y post prueba del rendimiento. Además, los instrumentos empleados para la recolección de los datos fueron a través de fichas de observación. Los resultados de investigación de la media obtenida al aplicar el T-STUDENT en el rendimiento de una bomba de calor en la etapa de pre prueba fue de 0.3583, y luego de aplicar la mejora fue de 0.6150, siendo esta última mayor y por consiguiente queda expuesto que la aplicación de las leyes termodinámicas mejoró el rendimiento de una bomba de calor. Finalmente, se concluyó que la aplicación de las leyes termodinámicas ha mejorado de manera significativa el rendimiento de una bomba de calor en un 25.67%. Por lo cual, se recomienda continuar con las mejoras al prototipo a través de la aplicación de las leyes termodinámicas con la propuesta de sistemas independientes, ya que se logró evidenciar la mejora en el rendimiento.

Palabras clave: Rendimiento, Bomba de calor, COP, EER

Abstract

The objective of the research is to determine how the application of thermodynamic laws will improve the performance of a heat pump. Likewise, the methodology used was a type of explanatory study, while its research design is quasi-experimental, since a pre and post performance test will be carried out. In addition, the instruments used to collect the data were through observation cards. The results of investigation of the average obtained when applying the T-STUDENT in the performance of a heat pump in the pre-test stage was 0.3583, and after applying the improvement it was 0.6150, the latter being greater and therefore it remains exposed that the application of thermodynamic laws improved the performance of a heat pump. Finally, it was concluded that the application of thermodynamic laws has significantly improved the performance of a heat pump by 25.67%. Therefore, it is recommended to continue with the improvements to the prototype through the application of thermodynamic laws with the proposal of independent systems, since it was possible to demonstrate the improvement in performance.

Keywords: Performance, Het pump, COP, EER

Índice general

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.	Realidad problemática.....	4
	Bomba de calor.....	4
	Nacional.....	5
	Internacional.....	6
1.2.	Trabajos previos.....	6
	Nacional.....	6
	Internacional.....	9
1.3.	Teorías relacionadas al tema.....	12
1.3.1.	Leyes de la termodinámica.....	12
	1.3.1.1. Ley cero de la termodinámica.....	12
	1.3.1.2. Primera ley de la termodinámica.....	14
	Conservación de la masa.....	15
	Conservación de la energía.....	16
	1.3.1.3. Segunda ley de la termodinámica.....	20
	Entropía.....	22
	Eficiencia isentrópica.....	23
1.3.2.	Rendimiento de la bomba de calor.....	24
	1.3.2.1. COP.....	28
	1.3.2.2. EER.....	29
1.4.	Formulación del problema.....	29
	1.4.1. Problema general.....	29
	1.4.2. Problema específico.....	29
1.5.	Justificación del estudio.....	29
	1.5.1. Conveniencia.....	29
	1.5.2. Relevancia social.....	30
	1.5.3. Implicancias prácticas.....	30
	1.5.4. Valor teórico.....	31
	1.5.5. Utilidad metodológica.....	31
1.6.	Objetivos.....	31
	1.6.1. Objetivo general.....	31
	1.6.2. Objetivo específico.....	31
1.7.	Hipótesis.....	32

1.7.1.	Hipótesis general.....	32
1.7.2.	Hipótesis específico.....	32
II.	MÉTODO.....	33
2.1.	Diseño de la investigación.....	34
2.1.1.	Tipo de estudio.....	35
2.1.2.	Diseño de investigación.....	36
2.2.	Variables, operacionalización.....	36
2.2.1.	Variables.....	36
2.2.2.	Matriz de operacionalización de las variables.....	38
2.3.	Población y muestra.....	39
2.3.1.	Población.....	39
2.3.2.	Muestra.....	39
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	40
2.4.1.	Técnicas.....	40
2.4.2.	Instrumentos.....	40
2.4.3.	Prueba de confiabilidad de los instrumentos.....	41
2.5.	Métodos de análisis de datos.....	41
2.6.	Aspectos éticos.....	42
III.	RESULTADOS.....	43
3.1.	Propuesta de investigación.....	44
3.2.	Desarrollo.....	45
IV.	DISCUSIÓN.....	61
V.	CONCLUSIONES.....	64
VI.	RECOMENDACIONES.....	66
VII.	REFERENCIAS.....	68
	ANEXOS.....	73

Índice de tabla

Tabla 1.	Rendimientos mínimos.....	25
Tabla 2.	Matriz de operacionalización de las variables de la investigación.....	38
Tabla 3.	Recolección de datos pre-post prueba de Conservación de energía.....	45
Tabla 4.	Recolección de datos pre-post prueba de Conservación de la masa....	46
Tabla 5.	Recolección de datos pre-post prueba de entropía.....	47
Tabla 6.	Recolección de datos pre-post prueba de Eficiencia isentrópica.....	49
Tabla 7.	Recolección de datos pre-post prueba del COP.....	50
Tabla 8.	Recolección de datos pre-post prueba del EER.....	51
Tabla 9.	Recolección de datos pre-post prueba del Rendimiento.....	52
Tabla 10.	Prueba de normalidad – rendimiento de la bomba de calor.....	53
Tabla 11.	Prueba de normalidad – COP.....	54
Tabla 12.	Prueba de normalidad – EER.....	55
Tabla 13.	Validación de hipótesis general – Rendimiento de una bomba de calor.....	57
Tabla 14.	Prueba de muestras emparejadas de T-STUDENT “Rendimiento de una bomba de calor”.....	57
Tabla 15.	Validación de hipótesis general – COP de una bomba de calor.....	58
Tabla 16.	Prueba de muestras emparejadas de T-STUDENT “COP”.....	58
Tabla 17.	Validación de hipótesis general – EER de una bomba de calor.....	59
Tabla 18.	Prueba de muestras emparejadas de T-STUDENT “EER”.....	60

Índice de gráficos

Gráfico 1.	% balance de energía (frio).....	45
Gráfico 2.	% balance de energía (calor).....	45
Gráfico 3.	% balance de masa (frio).....	46
Gráfico 4.	% balance de masa (calor).....	47
Gráfico 5.	% entropía (frio).....	48
Gráfico 6.	% entropía (calor).....	48
Gráfico 7.	% eficiencia isentrópica (frio).....	49
Gráfico 8.	% eficiencia isentrópica (calor).....	49
Gráfico 9.	% COP.....	50
Gráfico 10.	% EER.....	51
Gráfico 11.	% Rendimiento.....	52

Índice de anexos

Anexo 1.	Diagrama de Ishikawa.....	73
Anexo 2.	Matriz de enfrentamiento.....	74
Anexo 3.	Cuadro de causas.....	75
Anexo 4.	Gráfico de Pareto.....	76
Anexo 5.	Hogares y establecimientos con bombas de calor.....	77
Anexo 6.	Parques de bombas de calor por zonas climáticas.....	78
Anexo 7.	Parques de bombas de calor por sectores.....	78
Anexo 8.	Parques y potencia de bombas de calor por aplicaciones y rango de potencia.....	79
Anexo 9.	Bomba de calor de compresión mecánica.....	80
Anexo 10.	Matriz de consistencia.....	81
Anexo 11.	Propiedades del aire.....	82
Anexo 12.	Propiedades del aire.....	83
Anexo 13.	Temperaturas.....	85
Anexo 14.	Pre prueba balance de energía.....	90
Anexo 15.	Post prueba balance de energía.....	91
Anexo 16.	Pre prueba balance de masa.....	92
Anexo 17.	Post prueba balance de masa.....	93
Anexo 18.	Pre prueba entropía.....	94
Anexo 19.	Post prueba entropía.....	95
Anexo 20.	Pre prueba eficiencia isentrópica.....	96
Anexo 21.	Post prueba eficiencia isentrópica.....	97
Anexo 22.	Pre prueba COP.....	98
Anexo 23.	Post prueba COP.....	98
Anexo 24.	Pre prueba EER.....	99
Anexo 25.	Post prueba EER.....	99
Anexo 26.	Fotos de procedimiento.....	100
Anexo 27.	Fotos de pruebas.....	102
Anexo 28.	Diagrama eléctrico.....	103
Anexo 29.	Análisis de costos	104

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años la población mundial se ha ido incrementando de manera exponencial, urbanizando e industrializando lo cual ha generado un aumento en las emisiones de CO₂ al medio ambiente acelerando así el calentamiento global y desencadenado en el efecto invernadero, estos factores están ocasionando que las estaciones sean más extremas afectando a las personas. Según lo manifiesta Wouters, Hendrik (2017) “el efecto negativo del cambio climático, en lo que a la temperatura se refiere, será el doble en las ciudades que en el campo”, así mismo se prevé que para el periodo 2041-2075 el impacto de calor en las ciudades se incrementará hasta cuatro veces.

Por otro lado, “factores como el confort, el ahorro energético y la salud son temas que se han de tener en cuenta para que la instalación sea lo más adecuada posible”, señala Natalia Muñoz, Directora de Gama Blanca y Aire de Samsung. Asimismo, Barron hace hincapié en que “a la hora de diseñar y proyectar una instalación es conveniente disponer de la mayor información posible, tanto del propio edificio (estructura, materiales, orientación) como del uso que va a tener (ocupación, horarios, iluminación, entre otros). Esto ayudará a definir el sistema más apropiado e influirá decisivamente en la eficiencia energética de la instalación”.

Una vez hechas todas estas valoraciones, se ha de escoger el sistema más idóneo para el proyecto. Como explica Campos, hay que “establecer el tipo de sistema a utilizar dependiendo del que brinde mejor versatilidad, inversión, mantenimiento, consumo de energía, etc.”. Y a partir de esto, “seleccionar el equipamiento a utilizar -unidades individuales, unidades centrales de zona o generales, sistema por agua centralizado”. Así pues, el responsable de Lumelco anota que “habría que estudiar las necesidades de ubicación de las unidades interiores y exteriores, modos de funcionamiento, demanda térmica de cada una de las zonas de edificio o necesidad de frío y calor simultáneamente”.

Por otra parte, la eficiencia energética no es más que la relación entre la energía útil frente a la energía utilizada. La cual se expresa en el rendimiento. Lo cual significa que si usamos equipos con mayor rendimiento logramos mantener el mismo nivel de servicio y confort (luminosidad, temperatura) disminuyendo el consumo de energía.

Según Ruiz (2007) el 52% del gasto energético doméstico corresponde a la calefacción y el 18% al agua caliente sanitaria, lo que representa un 70% del consumo energético total. Por ello para brindar una solución integral de eficiencia se deben tener en cuenta estos puntos de consumo.

Se pretende establecer en el desarrollo de esta investigación parámetros para la construcción y diseño y definir las características de sus componentes que componen el sistema de climatización cumpliendo con la normativa técnica y la seguridad de su ejecución.

Dentro del mismo contexto, las familias peruanas en su mayoría no cuentan con sistemas de climatización en sus hogares, puesto que, en la mayoría de casos su costo de adquisición es muy elevado, requiere mantenimiento continuamente, utiliza el recurso energético muy alto para entregar un aire climatizado que no es muy contundente con las exigencias por los clientes, entre muchos otros factores. Por lo cual, cabe la necesidad de proponer el diseño de un sistema de climatización que pueda aprovechar todos los factores negativos que puedan platearse y que además se adecue a cada estación.

Asimismo, cabe señalar que a la hora de diseñar y llevar a cabo un proyecto de instalación de aire acondicionado se debe considerar múltiples factores, sin embargo, prioritariamente es necesario conocer la finalidad de la misma. En concreto, las actividades y aplicaciones que se llevaran a cabo dentro del espacio al cual se pretenden climatizar. Cuestiones como el diseño, distribución o condiciones climáticas del recinto son elementos clave a la hora de implementar equipos de aire acondicionado.

Por todo lo mencionado líneas arriba, nos lleva a plantearnos la siguiente interrogante. ¿La aplicación de las leyes termodinámicas, podrán aumentar el rendimiento de una bomba de calor?,

1.1. Realidad problemática

Bomba de calor: La bomba de calor convencional posee un ciclo reversible, la cual tiene principios fundamentales en el cambio de estado de la materia, eso quiere decir que el fluido refrigerante que posee pasará de estado gaseoso a estado líquido a través de tres elementos primordiales, que son el compresor, el condensador y evaporador. Asimismo, si queremos obtener calor, simplemente se revierte el ciclo.

La bomba de calor posee un ciclo reversible lo cual involucra un mayor costo de mantenimiento; esto se debe porque al revertir el ciclo continuamente, genera que las tuberías que conectan el ciclo del mismo, se llene de partículas o impurezas debido al constante cambio, lo cual se evidenciara en las constantes fallas con el equipo por temporadas. De igual manera, al realizar mantenimiento ya sea correctivo o preventivo del equipo de bomba de calor reversible, esta requerirá de cierto tiempo, lo cual significaría que el equipo estaría totalmente inutilizable mientras dure dicho acontecimiento. Finalmente, el gas convencional que utilizan estos equipos, causa un daño a la capa de ozono, y es porque el gas refrigerante que utilizan contiene CFC (clorofluorocarbono), este es un elemento mayormente usado en aerosoles y gases refrigerantes.

Con una bomba de calor con ciclos independientes, es mucho más barato climatizar un espacio. Lo cual, puede reducir sus costes de calefacción hasta un 15%, aunque la cifra exacta depende de varios factores como el lugar donde vive, el tamaño de la casa y si utiliza o no la función de refrigeración. La inversión inicial es relativamente baja porque (a diferencia de la bomba de calor convencional) un sistema con ciclos separados no precisa diseños e instalación con alto costo. Y la eficacia de las mismas (con un rango de funcionamiento especialmente elevado) influye positivamente en la velocidad a la que se amortiza su inversión, permitiendo así conseguir la reducción de gastos.

Asimismo, este sistema al tener ciclos independientes, no quedaría inoperable si se llegase a realizar un mantenimiento preventivo (cambio de gas), dado que si se realiza mantenimiento a una línea, la otra puede funcionar sin problema alguno.

Otro de los motivos para preferir un sistema con ciclos independientes de una bomba de calor tradicional es su gran respeto por el medio ambiente, ya que se pretende

utilizar el gas ecológico 134A la cual no contiene CFC debido al daño que genera al ecosistema en la que habitamos. Con solo enriquecer una energía que se manifiesta de forma natural en el aire exterior para calienta un espacio, se producen muchas menos emisiones de CO₂ que con cualquier sistema de calefacción tradicional basado en combustibles fósiles.

Para lo cual se procedió a realizar un diagrama Ishikawa para detectar las causas que ocasionan pérdidas para la empresa. Para de ahí realizar el Pareto y nos permita saber cuál es el problema más importante que deben ser tratadas de forma inmediata, ya que son más urgentes de solucionar (Ver anexo 1).

Del Ishikawa se procede a determinar cuáles son los problemas que necesitan ser solucionados de manera más urgente ya que presentan mayor incidencia se les otorgo para ello una puntuación en una matriz de enfrentamiento acorde a su relevancia en las bombas de calor convencional obteniéndose los siguientes puntajes como se observa (ver Anexo 2 y Anexo 3)).

Del Anexo 4 podemos observar que un bajo rendimiento de una bomba de calor convencional causados por la falta de una adecuada aplicación de las leyes termodinámicas que emplee ciclos independientes deben ser solucionados de manera inmediata, ya que costos y un inadecuado uso de la energía. Y estos se dan por:

- Funcionalidad deficiente
- No soporta T° extremas
- Costo de adquisición elevado
- Mantenimiento constante
- Consumo de energía elevado

Nacional: La industria de la climatización en el Perú ha crecido en la última década a un ritmo promedio de 15%, lo cual ha generado un aumento en la demanda de personal técnico especializado en la instalación de sistemas de aire acondicionado, pero esto dicho personal es insuficiente. Según el gerente general de Serviparamo Castaño, Carlos (2016), en el Perú existe una adecuada base de ingenieros con experiencia en climatización, pero resulta insuficiente ante el permanente crecimiento del mercado. Asimismo, es preciso mencionar que una vez instalado el sistema es necesario contar con especialistas que se encargara de darle manteniendo

constante del equipo. “Un buen mantenimiento del sistema de aire acondicionado, permite un ahorro de entre el 10% y el 20% en el uso de la energía, además de prolongar la vida útil de los equipos que esta entre 3 y 5 años a 10 y 20 años, dependiendo de las condiciones de trabajo” (párr. 1- 4).

Según Kehuarucho, Aldo (2015) product manager de la división de aire acondicionado de Samsung el mercado de aire acondicionado peruano es uno de los más pequeños en la región, la cual representa solo el 3% de América Latina en comparación a países como Brasil y Panamá, que ostentan el 15% y el 12%, respectivamente. Sin embargo, el crecimiento sostenido que ha tenido el mercado peruano en tasas similares al 7% en los últimos 10 años lo convierte en un territorio idóneo, de seguir a este ritmo, se podría expandir hasta lograr introducirse en el mercado chileno en los próximos cinco años. (párr. 1-2)

INTERNACIONAL: Según el IDAE Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (2014) los sistemas de aire acondicionado y calefacción (bombas de calor) están presentes en un total de 11.971.823 equipos distribuidas en 7.354.001 hogares y establecimientos (34% del total en España). De este total con bomba de calor un 26,8% se localizan en la zona climática Mediterránea con un total de 5.746.932 hogares o establecimientos, siendo en esta zona donde se detecta una mayor proporción de hogares/establecimientos con bomba de calor; en concreto, en el 50,3% de los casos. Por otro lado, en la zona Atlántico-Norte, la cantidad de hogares/establecimientos disponen de bomba de calor desciende hasta el 6,4%. (Ver Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7).

Las distintas aplicaciones de las bombas de calor ponen de manifiesto (Anexo 8), que prácticamente la totalidad de las mismas se utilizan para uso mixto de calefacción y refrigeración, siendo marginal el uso de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, que se localiza en rangos de potencia superiores a los 10 KWT y, por lo tanto, en sectores distintos al de hogares.

1.2.Trabajos previos

Nacional

Gutierrez, D. (2009). En su tesis titulada, Sistema de climatización para el hotel cuatro estrellas ubicado en la ciudad de Lima. (Tesis, Pontificia Universidad Católica

del Perú). El objetivo del sistema de climatización es brindar confort térmico, para ello se procede a desarrollar paso a paso los cálculos, el diseño y la elaboración del presupuesto del sistema más apropiado que permita satisfacer los requerimientos de confort planteados. Lo cual contempla la realización de cálculos de la caída de presión en bombas, caída de presión en ductos y el de caudales de aire de inyección y renovación. En conclusión, se puede verificar el valor de la carga térmica obtenida mediante ratios comerciales, dichos ratios aproximan la carga térmica en función del área y de la actividad que vaya a desarrollarse en el ambiente, si bien dichos ratios no son muy precisos si permiten la visualización si los valores obtenidos están dentro de los rangos habituales. Los ratios proporcionados, se encuentran dentro de un margen de 650 BTU/h y 700 BTU/h por metro cuadrado. Se pudo conocer que el área total a acondicionarse es de 4489.4m², de lo cual se puede estimar que la carga total de enfriamiento estaba entre los 2'918,110 BTU/h y los 3'142,580 BTU/h, por lo tanto, el valor de la carga total calculada de 3'014,098 BTU/h está dentro del rango recomendado por diversas empresas proyectistas.

Quiliano, H. (2015) en su tesis Configuración del Free Cooling de aire acondicionado para controlar la climatización en la sala de equipos del HUB Puno. El objetivo es configurar el Free Cooling de Aire acondicionado para controlar mediante termostatos digitales la climatización del espacio; para ello se procedió a estimar la carga térmica proyectada, seleccionar un sistema de ventilación adecuado para lograr la climatización de bajas temperaturas de la atmosfera. La metodología empleada es básica y el diseño de la investigación es descriptiva simple. Se concluyó que, a través de la implementación de dicho sistema se logrará identificar una oportunidad de mejora que reducirá el consumo eléctrico, obteniéndose 1.9 kW, además se reduce los costos de instalación y mantenimiento. Asimismo, toda la energía que se emplea en la red de suministro de alimentación de AC se transforma en calor, siendo una información imprescindible para determinar la carga de refrigeración de todo el sistema, lo que incluye la potencia nominal del sistema eléctrico; el calor del motor-compresor y el ventilador de la unidad evaporadora se extrae al exterior y no crea una carga térmica, no obstante, si afecta la eficiencia del A/A.

Huanca, E. (2016). Diseño de un sistema de aire acondicionado para un restaurante ubicado en la ciudad de lima. Tesis (Universidad Nacional Mayor de San Marcos).

El objetivo es realizar el diseño de un sistema de aire acondicionado para un restaurant, para ello se procede a definir los métodos para el cálculo térmico del sistema de acondicionamiento. Determinar la carga térmica, para producir el tratamiento del aire para que se controle la temperatura, humedad, limpieza y distribución de aire. En conclusión, para obtener la máxima temperatura exterior del bulbo seco se requirió hacer un análisis estadístico de las temperaturas en diferentes años y se agregó un factor de corrección tanto para el día como para el mes. Para realizar los cálculos de la carga térmica de este proyecto se tuvo que realizar una equivalencia de orientación de los hemisferios ya que las tablas utilizadas eran consideradas para el hemisferio norte y el caso del proyecto está en la orientación del hemisferio sur. Para realizar un buen análisis de la carga térmica del aire acondicionado se debe tener en cuenta el tipo de material de construcción mediante los planos del proyecto, ubicación del local y tener una temperatura extrema para poder realizar los cálculos mediante las normas establecidas por ASRAHE.

Kutsuma, M. (2011). Diseño de un sistema de climatización en aula CAD-CAE. Tesis (Pontificia Universidad Católica del Perú). El objetivo es proponer y evaluar distintas alternativas técnico-económicas para un sistema de climatización en el aula CAD-CAE. Además, se pretende: Verificar distintas opciones para la implementación del sistema, evaluar equipos de refrigeración, ventilación y control. En conclusión, las empresas actualmente tienen parámetros y consideraciones que utilizan como factores a la hora de calcular las cargas de los distintos ambientes. Estos factores varían de acuerdo al uso y la ubicación del ambiente a acondicionar. Se puede corroborar que la estimación y uso del aula, pero no han sido exactas pues no se calcularon tomando en cuenta todos los detalles. La instalación actual utiliza equipos de 60'000 BTU/h (dos equipos para el laboratorio), 48'000 BTU/h (un equipo para el INACOM) y 24'000 BTU/h (un equipo para la oficina). Las soluciones constructivas básicamente serían dotar de aislamiento térmico a las paredes y techos, de esta forma la transferencia de calor entre el interior y el exterior se reduce.

Mogollón, P. (2016). Modelación y control avanzado de un sistema de aire acondicionado para ahorro de consumo energético. Tesis (Universidad de Piura). El objetivo es conocer todo el funcionamiento lo cual contempla conocer cada uno de los procesos que lo componen, y también su aplicación referente al confort humano

en el acondicionamiento del aire. Es fundamental el proceso de la modelación matemática del sistema físico, mediante leyes termodinámicas que permitan comprender mejor el comportamiento dinámico del sistema. Luego es conveniente representar al sistema para el posterior control del mismo, ya que permite representar al sistema de forma no lineal y luego de modo linealizada; para comprender el comportamiento del sistema físico real y compararlo con otras investigaciones realizadas referentes al acondicionamiento del aire para tener una referencia del adecuado comportamiento. En conclusión, el conocimiento de las leyes y principios que rigen la dinámica de un sistema de aire acondicionado, es fundamental para el desarrollo, ya que permite conocer el comportamiento dinámico de las variables más influyentes en el sistema. El empleo del modelo matemático permite conocer a priori la dinámica del sistema de aire acondicionado, y con ellos desarrollar un mejor análisis y control del sistema.

INTERNACIONAL

Reina, I. R. (2013). Mejora de la eficiencia energética en la instalación de climatización de un Centro Comercial. (Tesis de ingeniería energética, universidad de Sevilla). El objetivo es el análisis de las diferentes opciones de eficiencia energética para la instalación de HVAC, lo cual incluye el análisis de los equipos necesarios y un marco para el fomento y desarrollo de alta eficiencia de calor y electricidad basada en la demanda de calor útil y en el ahorro de energía. Se concluyó, que en la prueba inicial se obtuvo la potencia frigorífica total es de 3036 kW y la potencia calorífica total es 2530 kW obteniéndose un EER de 0.95 y el COP de la instalación de 0.79. Después de la instalación de mejora se obtuvo que la potencia frigorífica total del proyecto es de 3281 kW y la potencia calorífica total es 2708 kW obteniéndose un EER de 2.28 y el COP de la instalación de 0.84; lo cual significa que es una correcta opción desde el punto de vista energético.

Bao, C. (2017). Desarrollo de una herramienta de cálculo del rendimiento estacional de bombas de calor según la norma UNE-EN 14825. (Tesis Master Universitario en Ingeniería Industrial, ETSIB). El objetivo es el análisis de las bombas de calor a las cuales es aplicable dicha norma y las distintas variables que influyen en el método de cálculo a través del programa Excel para evaluar el funcionamiento de dicho dispositivo (en modo calefacción se evaluara el SCOP y en modo refrigeración se

utilizara el SEER), para valorar de forma exacta el rendimiento. Una metodología empleada acorde a la norma UNE-EN 14825. Se concluyó, que el rendimiento medio estacional SCOP para el caso de calefacción y SEER para refrigeración son parámetros importantes para determinar la calidad y rendimiento de la bomba de calor, para el caso del SCOP su cálculo depende de tres parámetros los cuales son el tipo de bomba de calor, la temperatura y la zona climática. Mientras que para el SEER no se tomara en cuenta las zonas climáticas para el cálculo.

Real, A. (2017). Modelización de sistemas de climatización con bomba de calor y depósitos de cambio de fase. Validación experimental y optimización energética. Tesis doctoral (Universidad CEU Cardenal Herrera). El objetivo principal es el estudio del funcionamiento del depósito de acumulación térmica en un Sistemas de climatización, el análisis de comportamiento del depósito y los equipos de compresión de vapor. Asimismo, del beneficio de la aplicación de dicho sistema y análisis de la optimización en su utilización. Su metodología es de tipo experimental a través de ensayos. Se concluyó que, a través de ensayos experimentales para caracterizar el funcionamiento del depósito de calor y del sistema de compresión de vapor se han podido valorar la mejora energética aportada y el funcionamiento óptimo de este.

Ramírez, L. (2013). Proyecto de un Sistema de acondicionamiento de aire para un quirófano perteneciente a un hospital, localizado en la localidad de Toluca; Estado de México. Tesis (Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ing. Mecánica y Eléctrica). El objetivo de diseñar un Sistema de acondicionamiento de aire consiste en determinar los métodos termodinámicos utilizados para el cálculo, determinar los equipos y accesorios más adecuados para su construcción y permitir conocer la temperatura y humedad de acuerdo a lo que la norma determina. Se concluyó que, para contar con el Sistema de acondicionamiento de aire fue necesario realizar cálculos de acuerdo a parámetros psicrométricos para determinar la capacidad del serpentín de enfriamiento y el de calefacción, asimismo del humidificador y del deshumidificador.

Moreno, A. (2013). Modelo teórico y validación experimental de una bomba de calor de expansión directa con asistencia solar: eficiencia energética. Aplicación a calefacción y ACS. Tesis (Universidad Carlos III de Madrid). El objetivo de esta tesis

es el conocer cualitativa y cuantitativamente los parámetros de funcionamiento de una bomba de calor que climatiza y calienta el agua sanitaria en el ámbito doméstico, analizando las mejoras de eficiencia que conlleva el uso en la misma de colectores de energía solar como sistema de captación de energía del exterior. En conclusión, se ha desarrollado un modelo que permite determinar las características de funcionamiento de una DXSAHP aplicada a calefacción y ACS, y ha sido valorada con los resultados experimentales de un prototipo instalado en el sur de Madrid. El sistema tiene una fuerte dependencia de las condiciones exteriores, especialmente cuando la radiación solar incide sobre los captadores. Los parámetros de funcionamiento responden instantáneamente a la radiación solar; aumentan tanto la potencia del condensador, como la potencia absorbida por el compresor.

Macía, A. (2016). Análisis y Caracterización de una Instalación de Calefacción y Refrigeración Solar usando una Bomba de Calor de Absorción LiBr/H₂O Condensada/Evaporada mediante un Intercambiador Geotérmico Cerrado. Tesis (Universidad de Valladolid). El objetivo general de este trabajo es el análisis, modelado y simulación del funcionamiento de una instalación de climatización (calefacción y refrigeración), la cual consiste en la instalación de una bomba de calor de absorción LiBr/H₂O, consiste en analizar, de manera experimental, la influencia de diferentes variables tales como son la temperatura del generador, del evaporador, o la del condensador, en el desempeño global de la instalación en modo verano y en modo invierno. En conclusión, las experiencias realizadas en verano e invierno han permitido caracterizar la instalación y también identificar como afecta cada una de las variables en el desempeño global y el rendimiento de la bomba de calor, esto significa que en verano la temperatura del condensador debe ser lo menor posible para un mayor COP y por el contrario en invierno la temperatura debe ser alta. Los resultados muestran que altas temperatura del generador aumentan el COP de la bomba de calor, pero no es la mejor condición para la eficiencia global de la instalación; Por el contrario, una menor temperatura del generador significa un menor COP.

Bolivar y Martinez (2014). Estudio de eficiencia energética de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificación del bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe. Tesis (Universidad Autónoma del Caribe). El objetivo es realizar un estudio

de eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado mediante la simulación del comportamiento energético de la edificación y el análisis mediante la termohigroanemometría de los equipos y sistemas. Para identificar cual es el sistema operativo de mayor consumo dentro de la edificación y recomendar los cambios a realizar para mejorar la eficiencia energética. Se concluyó que, que se detectó un sobredimensionamiento de los aires acondicionados; lo cual queda demostrado con la simulación del comportamiento energético de la edificación, realizando el cálculo de carga térmica por refrigeración. Además, mediante el mismo se descubrió que es indispensable la ventilación al interior de los recintos para la salubridad de los ocupantes. Con todos estos datos y cálculos la percepción es una sola; desde cualquier punto de vista se puede tener un ahorro energético, con lo cual sabemos que el sistema empleado no es energéticamente eficiente y esto reduce en pérdidas para la organización.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Leyes de la termodinámica

Según Çengel y Boles (2015) menciona “la primera ley de la termodinámica es simplemente una expresión del principio de conservación de la energía, y sostiene que la energía es una propiedad termodinámica. La segunda ley de la termodinámica afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad, y los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de la energía” (p.2).

1.3.1.1. Ley cero de la termodinámica

Jiménez, Gutiérrez y Barbosa (2014) indicaron “si dos objetos entran en contacto y uno de ellos tiene una temperatura mayor que el otro, el calor será transmitido del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura.

Esta transferencia de calor se presenta hasta que los dos objetos alcanzan la misma temperatura, cuando ambos objetos tienen la misma temperatura se dice que se encuentran en equilibrio térmico” (pp. 18-19).

Si tomamos como ejemplo la taza de café caliente al entrar en contacto con la temperatura ambiental, esta cederá calor al ambiente hasta lograr un equilibrio térmico (la misma temperatura). Por lo contrario, cuando el objeto tiene temperatura baja como por ejemplo una lata fría de gaseosa, para este caso será el ambiente el cual cederá calor al objeto con la

finalidad de que ambos estén a la misma temperatura; y por consiguiente lograr el equilibrio térmico.

Asimismo, si dos objetos (cuerpos) entran en contacto y uno de ellos tiene una temperatura mayor que el otro, el calor será transmitido del cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura.

Jiménez, Gutiérrez y Barbosa (2014) mencionan “si el objeto A se encuentra en equilibrio térmico con el objeto B y el objeto B se encuentra en equilibrio térmico con el objeto C, entonces el objeto A y el objeto C están en equilibrio térmico”

Esto significa que si dos cuerpos (objetos) están en equilibrio térmico con un tercer cuerpo, por consiguiente, todos se encuentran en equilibrio térmico.

Roldan, J. H. (2014) afirma “si un cuerpo “caliente” se pone en contacto con otro “frio” y ambos se aíslan del medio circundante, las propiedades de los cuerpos (por ejemplo, la temperatura, el volumen, la conductividad, etc.) cambiarán. Sin embargo, después de cierto tiempo, las diferentes propiedades cesan de cambiar.

Cuando los cambios de las propiedades cesan, se dice que los cuerpos están en equilibrio térmico” (p. 9).

Otras formas de definir a la ley cero de la termodinámica es: si dos cuerpos (objetos) están en equilibrio térmico con un tercero, esto significa que estos dos cuerpos están en equilibrio térmico entre sí. Asimismo, la ley considera que cuando dos cuerpos tienen similares temperaturas con un tercero, los tres cuerpos tienen similares temperaturas entre sí.

Velasco, Martínez y Gómez (2010) mencionan “dos sistemas que se mantienen en contacto a través de una pared diatérmica acaban alcanzando el equilibrio térmico al cabo de un cierto intervalo de tiempo” (p. 34).

Rolle, k. c. (2006) lo define como “dos cuerpos separados que están en equilibrio térmico con un tercer cuerpo, también en equilibrio térmico entre sí” (p. 57).

Básicamente hace referencia a que dos cuerpos que se encuentran separados, asimismo sus temperaturas son diferentes, al ser juntados

llegaran en un momento al equilibrio térmico. Si bien las temperaturas llegan a igualarse, para el caso de las energías es muy probable que esto no ocurra. Este principio hace hincapié que se puede aprovechar del equilibrio térmico de los cuerpos, para medir la temperatura.

La ley cero establece que el equilibrio térmico es una propiedad transitiva.

1.3.1.2. Primera ley de la termodinámica

Rolle, K. C. (2006) menciona “La energía no se crea ni se destruye, sólo se puede convertir en sus diversas formas. (p. 119). La primera ley de la termodinámica hace referencia a la conservación de la energía, donde esta no se pierde, solo se transforma entro tipo de energía.

Jiménez, Gutiérrez y Barbosa (2014) mencionan “Esta ley es en realidad el principio de conservación de la energía. Femi enuncio la primera ley de la termodinámica diciendo que:

La variación en la energía de un sistema durante cualquier transformación es igual a la cantidad de energía que el sistema recibe de sus alrededores” (p. 42). Los sistemas termodinámicos poseen la característica de intercambiar energía (en forma de calor y trabajo) con su medio que lo rodea sin la necesidad de haber una transferencia de masa.

Fernández y Velasco, (2013) manifiesta “en los enunciados tradicionales se supone conocido el concepto de calor, el cual se identifica con un modo de intercambio de energía (la energía transmitida entre dos cuerpos como consecuencia de una diferencia de temperatura), y se establece que la suma del calor y del trabajo puestos en juego en cualquier proceso que conecte dos estados de equilibrio depende únicamente de dichos estados inicial y final” (p. 111). Al enunciar el Primer Principio o Primera Ley de la Termodinámica es necesario conocer el término de calor, sino sobre la base del análisis de la energía intercambiada en modo de trabajo con un sistema.

Velasco, Martínez y Gómez (2010) afirman “son la forma en que se relacionan los sistemas termodinámicos poniendo en juego transferencia de ENERGÍA y modificado sus PROPIEDADES. En toda interacción

termodinámica se pone, por lo tanto, en juego cierta cantidad de energía. Esta transferencia o flujo de energía toma un nombre u otro según la forma en que se produce la interacción “(p. 22).

Existen tres tipos de intercambios de energía entre un sistema y sus alrededores:

- Interacciones de trabajo
- Interacciones de calor
- Interacciones de energía (entrada o salida de materia)

Las formas de energía son: Mecánica o potencial, Eléctrica, Magnética, Térmica, Química o gravitatoria.

Y los flujos de energía son: Trabajo (flujo macroscópico) y Calor (flujo microscópico).

Conservación de masa:

Según Roldan, J. H. (2014) contempla:

“el principio de conservación de la masa se expresa como: “la transferencia de masa hacia o desde un sistema durante un proceso es igual al cambio neto (incremento o decremento) en la masa total del sistema durante el proceso” (p. 158).

$$\left[\begin{array}{l} \text{masa que entra} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{l} \text{masa que sale} \\ \text{del sistema} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{masa que se aumenta} \\ \text{dentro del sistema} \end{array} \right]$$

$$\Delta m_{\text{acumulada}} = \dot{m}_{\text{entra}} - \dot{m}_{\text{sale}}$$

$$\sum_{\text{entra}} \int \rho v * dA - \sum_{\text{sale}} \int \rho v * dA = \frac{d}{dt} \int \rho dV$$

Cabe señalar que, si el flujo es constante, la cantidad másica no varía con el tiempo dentro de volumen de control, reduciendo la expresión en:

$$\dot{m}_{\text{entra}} = \dot{m}_{\text{sale}}$$

$$\sum_{\text{entra}} \int \rho v * dA = \sum_{\text{sale}} \int \rho v * dA$$

Donde:

ρ = Densidad

v = Velocidad

dA = Variación del área

$c = v * dA \left(\frac{m^3}{s} \right) = \text{Caudal}$

Conservación de energía:

Según Roldan, J. H. (2014) contempla:

El principio de conservación de energía se expresa como: “El cambio neto (incremento o disminución) en la energía total del sistema durante un proceso es igual a la diferencia entre la energía que entra y la energía que sale del sistema” (p. 159).

Roldan Rojas, J. H. (2014) define a la primera ley de la termodinámica como: El primer principio hace referencia a la conservación de la energía, en la cual trata del cambio (tanto aumento como disminución) en la energía total dentro del sistema ($\Delta E_{\text{sistema}}$) es resultado de la diferencia de la energía que entrada (E_e) y la energía de salida (E_s) del sistema durante el proceso.

Según Rolle, K. C. (2006) manifiesta “Una forma de considerar el balance de energía, o primera ley de la termodinámica, es como una regla de contabilidad, de balancear el “presupuesto de energía” de un sistema. Se debe tener en cuenta toda la energía de un proceso dado, como se hizo en el sistema cerrado y aislado. [...] que permite la transferencia de calor, trabajo y masa, hacia dentro o hacia fuera de la región. Suponiendo que la masa entre en la estación 1 y salga en la estación 2, entonces, de $\Delta E = Q - W_k$, por unidad de tiempo” (p. 124).

Es muy frecuente que se desee modificar la temperatura de una corriente, valiéndose de las propiedades de otra. Lo cual se puede realizar con o sin contacto directo entre dichas corrientes. Dichos equipos se denominan intercambiadores de calor, en los cuales un fluido (refrigerante) se enfría

debido a su contacto con una corriente de aire. Asimismo, otros intercambiadores (de contacto directo) mezclan dos corrientes de temperaturas distintas para obtener una corriente de temperatura intermedia. Aquí no se produce trabajo ni energía cinética y potencial son despreciables.

El trabajo realizado por el sistema sale, y el calor que recibe entra, donde los flujos que entran o salen aportan una energía asociada al intercambio de masa ya que la energía es una propiedad extensiva. Asimismo, la cantidad PV cuantifica el trabajo requerido para introducir o sacar masa del volumen de control. Quedando la expresión de la conservación de la energía:

$$\left[\begin{array}{c} \text{energía total que} \\ \text{entra} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{energía total que} \\ \text{sale} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{energía que se} \\ \text{acumula} \end{array} \right]$$

$$E_{entra} - E_{sale} = E_{sistema}$$

$$\left\{ W + \sum_{entra} (E + PV) \right\} - \left\{ \dot{Q} + \sum_{sale} (E + PV) \right\} = \Delta E$$

El término de energía en sus contribuciones más comunes: la interna, cinética y potencial gravitatoria.

$$E = U + \frac{1}{2} m(vel)^2 + mgz$$

En donde los términos $U + PV$ se definen como entalpia H.

La ecuación general de la conservación de la energía, para un sistema abierto, la forma expandida de la primera ley, se expresa en:

$$\left(\dot{Q} + \sum_{entra} \dot{m} \left(h + \frac{1}{2} vel^2 + gz \right) \right) - \left(\sum_{sale} \dot{m} \left(h + \frac{1}{2} vel^2 + gz \right) + W \right) = \frac{dE}{dt}$$

La expresión de la primera ley se simplifica para el modelo de estado estacionario (un proceso parado en el tiempo, dinámico que entra y sale). La derivada de la energía del sistema respecto al tiempo es cero seria cero ya que no hay acumulación, asimismo con la energía cinética y potencial:

$$\frac{dE}{dt} = 0$$

Como resultado el principio para un sistema abierto se resume en:

$$(W + \dot{m}_s h_s) = (Q + \dot{m}_e h_e)$$

Donde:

$$W = Q_H - Q_L$$

$$Q = \dot{m} c_p \Delta T$$

$$h = U + PV$$

$$\dot{m} \approx \frac{m}{t} = \frac{m}{t} \frac{V}{V} = \frac{m}{V} \frac{L}{t} A = \rho \cdot vel. A$$

\dot{m}_{e-s} Son el flujo másico que entra y sale del sistema.

h_{e-s} Son la entalpia que entra y sale del sistema.

Q Es el calor transferido a la masa de control durante el proceso.

W Es el trabajo realizado por la masa de control durante el proceso.

El balance de la primera ley corresponde a:

Trabajo: Según Velasco, Martínez y Gómez (2010) afirma “El trabajo es una forma del TRANSPORTE de energía a través de los límites de un sistema, es decir es un flujo de energía. [...] el trabajo no es una función de estado, porque no va ligado a ningún estado, sino que forma parte del proceso al que va ligado un cambio de estado” (p. 49).

Que el trabajo se realiza sobre el sistema como un flujo de energía, sin que afecte para nada a las propiedades termodinámicas intrínsecas del sistema, produciéndose así cambios en la velocidad y la posición de dicho sistema termodinámico.

Domingo, A. M. (2015) manifiesta “el trabajo es la energía transferida entre el medio que le rodea y un sistema cuando sobre el sistema se ejerce

la fuerza y se produce un desplazamiento bajo la acción de dicha fuerza” (p. 34).

Para que haya trabajo es necesario que exista una fuerza que actúa sobre el sistema, que se dé un desplazamiento del sistema a causa de la acción de dicha fuerza y que este tenga componente no nula en la dirección de la fuerza.

Roldan Rojas, J. H. (2014) lo define como “la cantidad de energía transmitida a un sistema (en forma macroscópica), y que fluye a través de los límites del sistema y del ambiente, debido a una variación de los parámetros” (p. 100).

$$W = Pdv$$

$$W = Q_H - Q_L$$

Calor: Jiménez, Gutiérrez y Barbosa (2014) explican “El calor es la energía en tránsito a través de un sistema termodinámico debido a la diferencia de temperatura que existe entre un sistema y el medio que lo rodea o sus alrededores. Los modos de transferencia de calor son conducción, convección y radiación. [...] El trabajo se define como la interacción de energía a través de las fronteras de un sistema y sus alrededores y es equivalente al efecto de una fuerza que actúa a lo largo de una distancia” (p. 65).

Tanto el calor como el trabajo no son una propiedad de la termodinámica por lo contrario es una función de trayectoria, ya que para determinar la cantidad de energía utilizada durante un proceso se necesitará determinar la trayectoria seguida durante el proceso.

Domingo, A. M. (2015) afirma “aquello que se transmite entre un sistema y un medio exterior en virtud únicamente de su diferencia de temperaturas” (p. 41).

El calor como una forma de intercambiador de energía también permite explicar el que una maquina térmica en un ciclo aparentemente desaparezca el calor y aparezca una energía mecánica.

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T = \rho \dot{V} c_p \Delta T$$

Donde:

$$\dot{Q} = \text{flujo de calor} = 2.0 \text{ kW}$$

$$\dot{m} = \text{flujo másico}$$

$$c_p = \text{calor específico del aire} = 1.005 \text{ kJ/kg K}$$

$$\rho = \text{densidad del aire} = 0.895 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V} = \text{flujo volumétrico} = 0.1652 \text{ m}^3/\text{s}$$

Entalpía: Jiménez, Gutiérrez y Barbosa (2014) la define como “la suma de la energía interna U, el producto de la presión P y el volumen, por lo que es conveniente dar a U + PV una denominación particular, que en este caso es **entalpía** y se expresa con el símbolo H” (p. 53).

$$H = U + PV$$

1.3.1.3. Segunda ley de la termodinámica

Fernández, C. y Velasco, S. (2009) afirmaron que “existe un conjunto de hechos experimentales que no están comprendidos en las bases empíricas de los Principios Cero y Primero” (p. 157).

Sentido de los procesos: los procesos que tiene lugar en la naturaleza tienen un sentido predeterminado.

Se desarrollan hasta que el sistema alcanza una situación de equilibrio.

Existe la probabilidad de obtener trabajo, perdiéndose dicha posibilidad si se deja que el sistema alcance libremente el equilibrio. La posibilidad de realizar trabajo surge si existe una situación de desequilibrio entre dos sistemas, y se pierde esta posibilidad si se permite que estos sistemas alcancen sin previo control el equilibrio.

Se puede reestablecer la situación inicial, pero siempre con la ayuda de un dispositivo auxiliar que requiere del consumo de energía, lo cual resultara un cambio permanente en el medio exterior auxiliar.

Diferencia de calidad entre el intercambio de energía en modo de trabajo y calor: dentro del contexto del primer principio el trabajo y calor son cuantitativamente iguales, lo cual significa que juegan papeles similares. Sin embargo, entre el trabajo y el calor hay una diferencia de calidad, ya que se conoce que de que es posible transformar en su totalidad el trabajo en calor de manera continua, ilimitada y sin ningún otro efecto o cambio. Por el contrario, un proceso inverso de transformación integra de calor en trabajo de manera continua, ilimitada y sin ocasionar ningún otro cambio es experimentalmente imposible.

Domingo, A. M. (2015) hay dos enunciados distintivos del segundo principio de la termodinámica, el primero formulado por Lord Kelvin (William Thomson) y luego fue modificado por Max Planck. El segundo fue postulado por Rodolf Clausius.

Enunciados de Kelvin-Planck: Fernández, C. y Velasco, S. (2009) afirman “no existe ningún proceso termodinámico cuyo único efecto (proceso cíclico) sea la absorción de calor de un solo foco térmico y su conversión integra en trabajo cedido al medio exterior inmediato” (p. 159). Asimismo, Domingo, A. M. (2015) menciona “es imposible construir una maquina tal que, operando en un ciclo, no produzca otro efecto que la extracción de calor a partir de un único cuerpo a temperatura uniforme y la realización de una cantidad equivalente de trabajo” (p. 70).

Lo cual significa que para que se realice un trabajo, es necesario que se ceda algo de calor a un cuerpo a menor temperatura. Asimismo, para que se produzca trabajo en un ciclo de una maquina térmica debe haber intercambio de calor con cuerpos a distintas temperaturas.

Enunciados de Clausius: Fernández, C. y Velasco, S. (2009) “no existe ningún proceso termodinámico cuyo único efecto (proceso cíclico) sea la absorción de energía en modo de calor de un foco térmico y su cesión a otro foco térmico de temperatura más alta” (p. 159). Asimismo, Domingo, A. M. (2015) menciona “es posible construir un dispositivo tal que no se

produzca otro efecto que la transferencia de calor de un cuerpo frío a uno caliente” (p. 71).

Este enunciado se refiere que para que se dé un flujo de calor de un cuerpo frío a un cuerpo caliente es necesario que se realice un trabajo sobre el sistema. Si no se diera este caso, sería posible calentar las casas enfriando el suelo, sin necesidad de efectuar trabajo y sin coste.

Para realizar dicho proceso de paso de calor de un cuerpo frío a un cuerpo caliente es necesario emplear un refrigerador, es decir una máquina que extrae calor de un cuerpo frío y lo cede a un cuerpo caliente, cuando sobre ella se realiza un trabajo.

La entropía: Para procesos irreversibles son un principio más complicado para contabilizar.

Según Çengel y Boles (2015) para procesos irreversibles y procesos abiertos, es necesario “balance de entropía para volúmenes de control difieren de las de los sistemas cerrados en los que involucra un mecanismo más de intercambio de entropía: flujo másico a través de las fronteras” (p. 379).

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T}$$

Calculo de la entropía

Segunda ley de la termodinámica para sistemas abiertos: Según Müller, E. A. (2002) Puede expresar de la siguiente manera:

$$\left[\begin{array}{c} \text{entropía que} \\ \text{entra} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{generacion} \\ \text{de entropía} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{entropía que se} \\ \text{acumula} \end{array} \right] + \left[\begin{array}{c} \text{entropía que} \\ \text{sale} \end{array} \right]$$

La magnitud física que se desea contabilizar y balancear, para este caso consideraríamos la entropía se obtendría

Donde significa:

$$\left[\begin{array}{c} \text{entropía que} \\ \text{entra} \end{array} \right] = \sum_{entra} (\dot{m}s) + \int \frac{\delta \dot{Q}}{T}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{entropía que} \\ \text{se genera} \end{array} \right] = \dot{\sigma}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{entropía que se} \\ \text{acumula} \end{array} \right] = \frac{dS}{dt} = \frac{d(ms)}{dt}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{entropía que} \\ \text{sale} \end{array} \right] = \sum_{\text{sale}} (\dot{m}_s)$$

Sustituyendo se obtendría:

$$\sum_{\text{sist}} \dot{m}_e s_e + \frac{\dot{Q}_{\text{sist}}}{T_{\text{sist}}} + \dot{\sigma} = \frac{dS_{\text{sist}}}{dt} + \sum_{\text{sist}} \dot{m}_s s_s$$

De esta manera se pueden cambiar la entropía de un sistema:

- Incremento o disminución por intercambio de calor.
- Incremento o disminución por entrada o salida de masa.
- Incremento por procesos irreversibles.

Al ser un proceso estacionario, entonces se cumple que $\frac{dS}{dt} = 0$, ya que el tiempo estaría constante, quedando reducida la segunda ley a:

$$\sum \dot{m}_e s_e + \int \frac{\delta \dot{Q}}{T} + \dot{\sigma} = \sum \dot{m}_s s_s$$

Donde:

$$\dot{\sigma} = S_{gen} = \sum \dot{m}_e \dot{s}_e - \sum \dot{m}_s \dot{s}_s - \sum \frac{\dot{Q}_k}{T_k}$$

Eficiencia isentrópica: Según Çengel y Boles (2015) se define como “la relación entre el trabajo de entrada requerido para elevar la presión de un gas a un valor especificado de una manera isentrópica y trabajo de entrada real” (p. 371). Es la comparación entre el desempeño (rendimiento) real de un dispositivo (compresor o bombas) y lo que lograría en circunstancias ideales para las similares condiciones de entrada y mismas de presión de salida del equipo.

$$\eta_c = \frac{\text{Trabajo isentropico}}{\text{trabajo real}} = \frac{W_s}{W_a}$$

$$\eta_c = \frac{h_{2s} - h_1}{h_{2a} - h_1} = \frac{W_s}{W_a}$$

1.3.2. Rendimiento de bombas de calor

Según la norma UNE- EN 14511

En aquellos casos en los que proceda, los equipos nuevos a instalar deberán contar con un coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP) igual o superior a 3,5, y un coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER) igual o superior a 3,0, en las condiciones establecidas en la norma UNE- EN 14511, siempre que los equipos estén incluidos en el campo de aplicación de dicha norma.

El coeficiente de rendimiento se usa para medir la eficiencia de la unidad mientras esta en modo calefacción y se aplica a las bombas de calor, de cualquier capacidad nominal de enfriamiento. Para evaluar la eficiencia de una bomba de calor mientras esta en modo de enfriamiento, se debe usar EER o SEER y en modo calefacción s COP o SCOP.

Según Mix, J. (2006) “The COP is a dimensionless value defined as the energy produced by the heat pump (in watts) divided by the energy consumed by the heat pump (in watts)” (p. 4). Mientras el COP es un valor adimensional definido como la energía producida (en vatios) dividida por la energía consumida (en vatios). En una bomba de calor aire-aire, el refrigerante que se evapora mueve el calor del aire exterior (cuando está en modo de calefacción) y este calor más el equivalente de calor del trabajo de compresión se rechaza al aire recirculado que fluye por la bobina del condensador y al espacio para ser calentado. Siempre hay energía térmica en el aire exterior, sin embargo, a temperaturas más bajas, se vuelve más difícil de extraer.

Según Mix, J. (2006) “the energy efficiency ratio is used to evaluate the equipment’s efficiency while in the cooling mode. EER is defined as the net cooling capacity (in Btuh) divided by the total electrical power input (in watts)” (p. 2). Existe una relación para la evaluación de la eficiencia del equipo, la cual corresponde a la división entre la capacidad frigorífica con el consumo de energía.

Según Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en el Sector Servicios (2010) una “bomba de calor se puede producir frío y calor de forma reversible, de este modo, pueden producir calor tanto en invierno y frío. En estos equipos de generación térmica, un parámetro fundamental para analizar su rendimiento en la producción energética es el COP (coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción) y el EER (coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración). Estos coeficientes indican las unidades de calor/frío (COP/EER, respectivamente) que produce el equipo de generación por unidad eléctrica consumida” (p. 30).

Según Kiss y Infante (2017) manifiesta “A heat pump (HP) is a device that transfers energy from a heat source to a heat sink (destination) and upgrades the energy to a higher temperature level. Heat pumps are designed to move heat in the opposite direction of normal heat flow by taking heat from colder space and releasing it to a warmer one. [...] Note that a heat pump uses certain amount of work (external power) to accomplish the transfer of energy from the heat source to the heat sink” (p. 1). Las bombas de calor están diseñadas para transferir calor del espacio más frío y liberarlo a uno más caliente. Para permitir que el calor fluya de la fuente fría al destino cálido, el flujo de calor normal de alta a baja temperatura se respeta en cada paso del proceso. Asimismo, dicho equipo utiliza cierta cantidad de trabajo (potencia externa) para permitir la transferencia de energía de la fuente de calor al disipador de calor.

La forma más idónea para medir el rendimiento de una bomba de calor en modo calefacción es el COP y en el modo refrigeración es el EER. Para ambos casos se medirá la eficiencia del sistema. (tabla 2).

Tabla 1. Rendimientos mínimos

Tecnología de bomba de calor	Rendimiento	
	COP	EER
Geotérmica	4	3.5
Aire/agua	3.5	3
Aire/aire	3.5	3

Fuente: INEGA

Morán, M. J. y Shapiro, H. N. (2004). “La eficiencia de las bombas de calor puede describirse como el cociente entre la cantidad de energía Q_s , cedida al cuerpo caliente por el sistema que describe el ciclo y la transferencia neta de trabajo al sistema necesaria para conseguir ese efecto, W_{ciclo} . Así, el coeficiente de operación, Υ ” (p. 76).

Formula:

$$\eta = \frac{Q_s}{W_{ciclo}} = \frac{Q_s}{Q_s - Q_e} \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{1}{1 - \frac{T_2}{T_1}}$$

Las bombas de calor representan a la cantidad de energía Q_s se obtiene del entorno la cual puede ser en forma de capacidad calorífica o frigorífica, el W_{ciclo} se obtiene del suministro eléctrico. El coeficiente de operación o de rendimiento se define los cocientes entre el efecto generado por la transferencia de calor deseado y el coste (trabajo necesario) para conseguir dicho efecto. Es por ello que es adecuado (termodinámicamente) que los resultados obtenidos deben ser lo más elevado posible.

Roldan Rojas, J. H. (2014) el rendimiento o eficiencia se expresa en términos de la salida deseada como de la entrada requerido de la siguiente forma: La eficiencia de la bomba de calor también llamada coeficiente de rendimiento, que es la razón del calor transferido hacia la fuente de calor y el trabajo realizado para transferir ese calor.

Según Gonzales y Ferrando, el rendimiento es la relación entre la potencia útil o aprovechable por nosotros, y la que absorbe la máquina, nos indica que el tanto por ciento de energía que se aprovecha, es decir nos indica si la maquina es adecuada al trabajo que realiza.

$$Rendimiento = \frac{Potencia\ Util.}{Potencia\ Absorbida\ por\ la\ máquina} = \frac{Salida\ deseada}{Entrada\ requerida}$$

El rendimiento es un valor entre 0 y 1. Una maquina muy eficiente tiene un rendimiento cercano a 1. Una maquina poco eficiente tiene un rendimiento bajo. El rendimiento se indica a veces en tanto por ciento, que lo mismo que en rendimiento simplemente multiplicado por 100. En equipos de

climatización la potencia calorífica útil es mayor que la eléctrica suministrada al equipo, ya que a la potencia útil se le suma la energía tomada del exterior.

Según García [et al.] (2014) las bombas de calor, es una maquina térmica, la cual se rige a las leyes de la termodinámica, la cual consiste en la transferencia del calor desde un foco frío a otro caliente con gran eficiencia. La ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros sistemas reside en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío), tanto en el aire como en el agua o en la tierra, para acondicionar las dependencias interiores (foco caliente) con una aportación relativamente pequeña de trabajo en forma de energía generalmente eléctrica. Para ello, la bomba de calor utiliza un gas refrigerante en un ciclo termodinámico cerrado que, gracias a la existencia de dos focos a diferente temperatura, transporta el calor del medio ambiente a un habitáculo a acondicionar, servicio de aplicación industrial, con la particularidad de invertir el flujo natural de calor, de modo que fluya desde una temperatura más baja a otra más alta. Esto es posible al disponer del trabajo adicional realizado por el compresor.

Ciclo de la bomba de calor

W. Larsen, A. (2012) “For each air system, it will be necessary to determine the air system type [...] and the various components of the air system that are relevant to the HVAC load calculations, such as the amount of outdoor air ventilation required, as well as specific information on the heating coils, cooling coils, supply fan, and other components. [...] The heating and cooling supply air temperatures must also be determined so that heating and cooling airflows can be calculated based on the heating and cooling loads of the areas served by each air system” (p. 10). Para cada equipo es primordial determinar el tipo de sistema y sus componentes que la conforman para realizar los cálculos como es la cantidad de aire libre, información específica de los elementos de calentamiento y enfriamiento, el ventilador de suministro, temperaturas del aire de suministro, el modo de flujos en función a las cargas de calefacción y enfriamiento.

El principio de funcionamiento, como indica el anexo 9, puede sintetizarse en cuatro etapas diferenciadas:

- **Compresión:** En el primer paso se comprime el fluido refrigerante. En ese proceso, la energía eléctrica consumida por el compresor se transforma en calor transmitido al refrigerante al elevar el mismo tanto su presión como su temperatura, aumentando por tanto su entalpia (cantidad de energía que un sistema puede cambiar con su entorno).
- **Condensación:** Silberstein, E. (2016) afirma “permits the transfer of heat from the system refrigerant to the condensing medium. This heat comes from the load that is being cooled and from the heat generated during the compression process. The condensing medium, which is usually air or water or a combination of both, must be at a lower temperature than the refrigerant to allow heat transfer to occur. This heat transfer allows the refrigerant to first desuper heat, then to condense or change state, and then to finally subcool” (p. 16). Este fluido caliente se hace pasar por el condensador. En este intercambio de calor, el fluido cede su calor al llamado foco caliente y al enfriarse se produce la condensación del refrigerante, pasando de estado gaseoso a estado líquido (proceso exotérmico).
- **Expansión:** A continuación, se hace pasar el fluido, todavía a presión, por una válvula de expansión, que consiste en un dispositivo que genera una gran pérdida de carga por lo que se produce una reducción de presión isoentálpica del fluido desde la presión de condensación hasta la presión de entrada en el evaporador, reduciéndose por lo tanto la temperatura del fluido.
- **Evaporación:** Finalmente, el fluido pasa por otro intercambiador, situado en la fuente fría, y llamado evaporador en el que se produce un cambio de nuevo para volver a reiniciar el ciclo en el compresor.

COP (coefficient of performance): Según García [et al.] (2014) La eficiencia de una bomba de calor se mide a través de su coeficiente de prestación, COP (coefficient of performance). Este coeficiente se calcula como la relación existente entre la energía térmica cedida por el sistema (Q) y la energía absorbida (W) en unas condiciones específicas de temperatura.

Según la RITCH (2007) en su reglamento menciona:

“En la modalidad de calefacción: COP (acrónimo del inglés “Coefficient of Performance”) relación entre la capacidad calorífica y la potencia absorbida por la unidad” (p. 10).

$$COP = \frac{Q_H}{W_{netoentrada}} = \frac{\text{Capacidad de calefacción (kW)}}{\text{Consumo de combustible (kW)}}$$

EER (Energy Efficiency Ratio): El factor de eficiencia energética en modo refrigeración se define como el cociente entre la potencia de refrigeración y la potencia eléctrica absorbida con la unidad a plena carga y unas condiciones de temperatura específicas.

Según la RITCH (2007) en su reglamento menciona:

“En la modalidad de enfriamiento: EER (acrónimo del inglés “Energy Efficiency Ratio”) relación entre la capacidad frigorífica y la potencia efectivamente absorbida por la unidad” (p. 10).

$$EER = \frac{Q_L}{W_{netoentrada}} = \frac{\text{Capacidad de refrigeración (kW)}}{\text{Consumo de combustible (kW)}}$$

1.4. Formulación del problema

Las bombas de calor convencionales no solo son las más costosas, necesitan tener reiterados procesos de mantenimiento.

Es por ello que se pretende mejorarlo a través de un diseño con ciclos independientes aplicando las leyes termodinámicas que permitirá mejorar su rendimiento.

1.4.1. Problema general

¿Cómo la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el rendimiento de una bomba de calor?

1.4.2. Problema específico

- ¿Cómo la aplicación de leyes termodinámicas mejorará el COP de una bomba de calor?
- ¿Cómo la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará la EER de una bomba de calor?

1.5. Justificación del estudio

1.5.1. Conveniencia

La investigación tiene la finalidad de lograr mejorar el rendimiento de una bomba de calor convencional mediante la aplicación de las leyes

termodinámicas, lo cual le traerá muchos beneficios a hogares y empresas ya que podrá brindar un mejor confort térmico. Asimismo, le permitirá en futuro reducir los costos generados por el mantenimiento, ya que las fallas se reducen.

1.5.2. Relevancia social

Con la aplicación de las leyes termodinámicas al prototipo mediante ciclos separados no solo se verán beneficiados con la investigación los hogares sino también empresas que estén dispuestas a emplearlas, ya que se podrá mejorar los procedimientos de una bomba de calor tradicional lo que incluye la mejora del rendimiento a través de la implementación y funcionamiento, verificación y correcciones de un prototipo contribuyendo a mejorar las condiciones ambientales. Pero de la misma manera permitirá conseguir beneficios para los equipos con similares características, ya que servirá como ejemplo para que la puedan adoptar y logren mejoras en sus sistemas.

Asimismo, contribuirá en mejorar la satisfacción de las personas que lo utilicen, ya que podrá desempeñar su labor de forma más confortable y cómoda, en un ambiente que cumple con las condiciones térmicas requeridas.

1.5.3. Implicancias prácticas

Según Bernal, C. A. (2010) menciona “se considera que una investigación tiene *justificación practica* cuando su desarrollo ayuda a resolver un problema o, por lo menos, propone estrategias que al aplicarse contribuirán a resolverlo” (p. 106).

Debido a la escasez de recursos energéticos, hoy en día se buscan sistemas que obtengan el mayor provecho a cambio de un menor consumo. Mejorar la eficiencia y utilizar nuevas fuentes de energía es el objetivo de buena parte de la investigación en la actualidad.

Conocer cualitativa y cuantitativamente los parámetros de funcionamiento de una bomba de calor que climatiza en el ámbito doméstico. Para lograr este objetivo, en la tesis se desarrolla un modelo teórico y su validación experimental. Los resultados obtenidos con este modelo se contrastarán con los datos obtenidos experimentalmente, y con las observaciones nos permitirá conocer el sistema: su eficiencia y sus parámetros de operación en función de las variables.

1.5.4. Valor teórico

Según Bernal, C. A. (2010) manifiesta que “en investigación hay una *justificación teórica* cuando el propósito del estudio es generar reflexión y debate académico sobre el conocimiento existente, confronta una teoría, contrastar resultados o hacer epistemología del conocimiento existente” (p. 106).

Para la elaboración del proyecto se tuvieron que consultarse libros, manuales, periódicos y tesis relacionadas a los temas de leyes termodinámicas y el rendimiento de una bomba de calor, asimismo los requerimientos que exige su diseño. Con la cual se propone la separación de sus ciclos y mejorar así su rendimiento.

1.5.5. Utilidad metodológica

Según Bernal, C. A. (2010) afirma “en investigación científica, la *justificación metodológica* del estudio se da cuando el proyecto por realizar propone un nuevo método o una nueva estrategia para generar conocimiento valido y confiable” (p. 104).

Los temas que se tocaran en este proyecto son el rendimiento y las leyes termodinámicas para ello es necesario emplear técnicas abocadas al balance de energía, balance de entropía y la eficiencia isentrópica. Este proyecto de investigación permite comparar las variables de estudio y determinar su relación, esto se comprobará empleando instrumentos para lograr su validación de la información recolectada, así mismo servirá como precedente para otras investigaciones.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar de qué manera la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el rendimiento de una bomba de calor.

1.6.2. Objetivo específico

- Determinar de qué manera la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el COP de una bomba de calor.
- Determinar de qué manera la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el EER de una bomba de calor.

1.7.Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

- H1: La aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el rendimiento de una bomba de calor.
- H0: La aplicación de las leyes termodinámicas no mejoro el rendimiento de una bomba de calor.

1.7.2. Hipótesis específico

- La aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el COP de una bomba de calor.
- La aplicación de las leyes termodinámicas mejoro la EER de una bomba de calor.

II.MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Procedimiento

Prototipo N°2

En primer lugar, el sistema inicia con la fase de diseño, para ello se tomó en cuenta las leyes termodinámicas, de modo que se optó por realizar un sistema que aproveche todos los parámetros adoptados de los libros de teoría en temas termodinámicos. Una vez realizado la fase de diseño del sistema de climatización, se inicia las etapas de ensamblado de la misma, en la cual consta en construir la caja o armazón del prototipo que está hecho a partir de una plancha de acero inoxidable de 0.05 mm de espesor, la cual logra conseguir la forma de una caja a través de una maquina dobladora, hasta conformar las medidas (600mmx350mmx600mm). Seguidamente, una vez obtenido la base (caja), comenzamos por instalar las partes y/o componentes, iniciándonos en la división inferior colocando la unidad compuesta por el compresor, ventiladora y condensador, esta última mencionada ira unida al compresor, dicha unión y todas las demás por venir se realizan con soldadura de plata y en ocasiones donde las unión sea de metales distintos (cobre y hierro) se utilizara bórax para poder alcanzar su punto de fusión alto del hierro, seguidamente el otro extremo del condensador se unirá hacia un filtro o deshidratador, y este a su vez se une hacia un tubo capilar N° 0.36, que tendrá como fin la unión con el tubo de cobre de ¼ que está en forma resorte, asimismo este último se unirá con un tubo acumulador que posteriormente terminara unido de retorno hacia el compresor. Por otra parte, una vez realizado el sistema de aire acondicionado, se procede a realizar la fase de calefacción, y cableado general del sistema (anexo 28) para lo cual se comienza a conectar el motor en paralelo con el ventilador y un foco que dará aviso que este inicie su funcionamiento, de la conexión anteriormente mencionada tendrá un polo directo hacia la línea 220v y otro unido hacia un controlador o termostato quien se encarga de prender, apagar y controlar nuestro sistema (aire acondicionado), por otro lado, tenemos a la calefacción que consta de una resistencia eléctrica de 400w y un foco de aviso de funcionamiento que están unidas en paralelo hacia un controlador, y este último se unirá hacia la fuente de energía, seguidamente también se le proporciono 4 ventiladores, de las cuales solo dos serán energizados y unidos a un extremo hacia el polo o fuente de energía y del lado contrario, ambas estarán unidas de manera independiente hacia una llave de paso para abrir o cerrar un circuito. Seguidamente, el sistema presenta dos controladores de temperatura modelo w1209 quienes se encargarán

de leer las temperaturas a través de sensores y plasmarlas en una pantalla digital, estos controladores debido a su corto voltaje de funcionamiento, están unidas hacia un transformador de voltaje de entrada 220v y salida 12v para que su funcionamiento de sea el correcto. Finalmente, se recubre las partes internas del sistema con aislamiento y cinta aluminio y tela (fibra de vidrio 25mm), de manera que sea lo más herméticamente cerrado, de manera que los cambios de temperaturas no traspasen las paredes del sistema.

Funcionamiento

Aire acondicionado

Se busca utilizar las propiedades de cambio de estado del líquido refrigerante (para nuestro prototipo se empleó el gas refrigerante R-134a), dicho fluido en estado de gas se encuentra comprimido dentro del compresor. Al elevarse la presión esta cede calorías a un condensador y pasa a estado líquido. Esta última, pasará por un filtro deshidratador, quien se encarga de retirar impurezas, seguidamente ingresará tubo capilar de N° 0.36 quien se encarga de mantener la presión, para luego ser expulsada con gran presión hacia el evaporador, donde hará su recorrido absorbiendo todo el calor dentro del espacio a acondicionar.

Calefacción

Esta consta de una resistencia eléctrica de 400w quien se encargará de proporcionarnos el calor necesario a través del flujo de aire que atravesará el sistema, de modo que se logre reducir aumentar el foco de calor deseado dentro de un espacio determinado, todo ello estará dentro de una caja herméticamente cerrada, que contara solo con dos orificios de ingre y salida del caudal de aire, asimismo esta se unirá hacia un controlador de encendido y apagado que nos proporcionara la temperatura deseada acorde al clima que esperamos obtener.

2.1.1. Tipo de estudio

Según Bernal, C. A. (2010) menciona “la investigación explicativa tiene como fundamento la prueba de hipótesis y busca que las conclusiones lleven a la formulación o al contraste de leyes o principios científicos. [...] En la investigación explicativa se analizan causas y efectos de la relación entre variables” (p. 115).

El tipo de estudio en la presente investigación es explicativo, ya que se busca encontrar la solución a un determinado problema con el fin de mejorar el rendimiento a través de la aplicación de las leyes de la termodinámica. Así mismo estamos haciendo uso de teorías que guardan relación con las Leyes Termodinámicas y el Rendimiento de una Bomba de Calor, para alcanzar el objetivo planteado de la investigación. Su objetivo de estudio es la explicación los fenómenos y el análisis, asimismo dar respuesta a interrogantes.

2.1.2. Diseño de investigación

Para Valderrama (2015), en su libro Pasos para elaborar proyectos de investigación científica menciona que “el diseño de la investigación es la estrategia o plan empleado para conseguir la recolección de datos, se encarga de dar respuesta a la formulación del problema, al logro de los objetivos, y para determinar si la hipótesis nula será aceptada o rechazada”.

Este estudio tiene un diseño de investigación cuasi-experimental, ya que se realizará un pre y post prueba del rendimiento, se analizarán la variable independiente comparando los resultados obtenidos de la variable dependiente. Así mismo se manipulará la variable independiente (Leyes Termodinámicas) para observar como la variable dependiente (Rendimiento de una Bomba de Calor) logrará reducirse con dicha propuesta.

2.2. Variable y operacionalización

2.2.1. Variables

Variable independiente, tipo cuantitativa: Leyes Termodinámicas

Según Çengel y Boles (2015) menciona “la primera ley de la termodinámica es simplemente una expresión del principio de conservación de la energía, y sostiene que la energía es una propiedad termodinámica. La segunda ley de la termodinámica afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad, y los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de la energía” (p.2).

Variable dependiente, tipo cuantitativa: Rendimiento de una Bomba de Calor

Según la norma UNE- EN 14511

En aquellos casos en los que proceda, los equipos nuevos a instalar deberán contar con un coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP) igual o superior a 3,5, y un coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER) igual o superior a 3,0, en las condiciones establecidas en la norma UNE- EN 14511, siempre que los equipos estén incluidos en el campo de aplicación de dicha norma.

2.2.2. Matriz de operacionalización de las variables

APLICACIÓN DE LAS LEYES TERMODINÁMICAS EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR, 2018.									
VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Técnica	Instrumento	Unidad de medida	Formula
LEYES TERMODINÁMICAS	Según Çengel y Boles (2015) menciona “la primera ley de la termodinámica es simplemente una expresión del principio de conservación de la energía, y sostiene que la energía es una propiedad termodinámica. La segunda ley de la termodinámica afirma que la energía tiene calidad así como cantidad, y los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de la energía” (p.2).	Para mejorar el rendimiento, se deben cumplir favorablemente los siguientes factores necesarios como: la primera ley de la termodinámica, a través de la conservación de la energía (calor y trabajo). La segunda ley de la termodinámica basada en la calidad (eficiencia isentrópica) así como cantidad (entropía).	La primera ley de la termodinámica	Conservación de energía	Razón	Observación	Hoja de observación	Unidades	$Q + \dot{m}_e h_e = W + \dot{m}_s h_s$ $E_{entra} = E_{sale}$ Donde: Q = Flujo de calor \dot{m}_{e-s} = Flujo masico de entrada/salida h_{e-s} = Entalpía de entrada/salida W = Trabajo
				Conservación de la masa	Razón	Observación	Hoja de observación	Unidades	$\sum_{entra} \rho * v * A = \sum_{sale} \rho * v * A$ $\dot{m}_{entra} = \dot{m}_{sale}$ Donde: ρ = densidad v = velocidad del aire A = area
			La segunda ley de la termodinámica	Entropía	Razón	Observación	Hoja de observación	Unidades	$\sum \dot{m}_e s_e + \frac{Q}{T} + \sum \dot{m}_s s_s - \sum \dot{m}_s s_s - \sum \frac{Q}{T} = \sum \dot{m}_s s_s$ $S_{entra} + S_{generada} = S_{sale}$ Donde: \dot{m}_{e-s} = Flujo masico de entrada/salida Q = Flujo de calor S_{e-s} = Entropía de entrada/salida T = Temperatura
				Eficiencia isentrópica	Razón	Observación	Hoja de observación	Porcentaje	$\eta_c = \frac{W_s}{W_a} * 100$ Donde: η_c = Eficiencia isentrópica W_s = Trabajo isentrópica W_a = Trabajo real
RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR	Según la norma UNE- EN 14511 En aquellos casos en los que proceda, los equipos nuevos a instalar deberán contar con un coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP) igual o superior a 3,5, y un coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER) igual o superior a 3,0, en las condiciones establecidas en la norma.	Para medir el rendimiento de un equipo instalado es necesario contar con un coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP) y un coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER).	Coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP)	Capacidad calorífica	Razón	Observación	Hoja de observación	Unidades	$\dot{Q}_h = \dot{m} c_p \Delta T \left(\frac{BTU}{h} \right)$ Donde: Q = Flujo de calor \dot{m} = Flujo másico c_p = calor específico del aire ΔT = Variación de la temperatura
				Potencia absorbida	Razón	Observación	Hoja de observación	Unidades	$W_{netoentrada} = VI (W)$ Donde: W = Trabajo Q_H = Transferencia más alta de calor Q_L = Transferencia más baja de calor
			Coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER)	Capacidad frigorífica	Razón	Observación	Hoja de observación	Unidades	$\dot{Q}_l = UA \Delta T \left(\frac{BTU}{h} \right)$ Donde: Q = Flujo de calor U = energía interna A = area m ² ΔT = Variación de la temperatura
				Potencia efectiva absorbida	Razón	Observación	Hoja de observación	Unidades	$W_{netoentrada} = Q_H - Q_L (kJ)$ Donde: W = Trabajo Q_H = Transferencia más alta de calor Q_L = Transferencia más baja de calor

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Según Ñaupas Et al. (2014) indica que “el paso inicial para realizar un buen muestreo en definir la población, que es comúnmente representada en las operaciones estadísticas con la letra mayúscula (N). Esto significa que es el conjunto de objetos, hechos, sucesos, eventos que serán estudiados” (p. 246).

Según Valderrama y Guillén (2015) menciona que “la población general es conocido también como universo poblacional, que viene a ser un conjunto finito o infinito de elementos que la componen [...] que tienen características comunes entre ellos sobre las cuales el investigador realiza la investigación en un determinado espacio y tiempo” (p. 63).

La población determinada para esta investigación está conformada por todos los datos numéricos obtenidos durante las pruebas del prototipo aplicando las leyes de la termodinámica. Para la presente investigación los hechos que generan la problemática tienen ocurrencias diarias por ello la población de estudio será los datos recolectados en los días fríos y calurosos, pues acontecen dichos eventos en un mismo espacio, lugar y tiempo; a través de medir el rendimiento de una bomba de calor convencional.

2.3.2. Muestra

Según Valderrama (2015) manifiesta que la muestra “es una fracción representativa de una población. Ya que posee similares características de la población al momento de aplicarle la técnica de muestreo” (p. 184).

Según, Sampieri (2014), indica que “los beneficios de una muestra no probabilística es su utilidad para determinados diseños de estudio donde se busca una cuidadosa y controlada elección de casos con características específicas previamente definidas en el planteamiento del problema” (p. 190).

Según Morán y Alvarado (2010) en su libro Métodos de investigación menciona que la muestra “es el subgrupo representativo del grupo total” asimismo que la muestra no probabilista es “los sujetos que aparecen en la muestra son seleccionados a interés del investigador. Este tipo de muestreo nos permite generalizar los datos a la población” (p. 46).

La muestra en esta investigación viene a ser no probabilístico porque se trabajará con todos los datos numéricos referentes a las variables de estudio obtenidos

durante las pruebas del prototipo aplicando las leyes de la termodinámica. Según el criterio de la investigación, del cual se obtuvo los datos del rendimiento; lo cual significa que será lo mismo que la población. Ya que la elección de los elementos de estudio no depende de la probabilidad sino con el propósito de evaluar causa-efecto para los fines del investigador.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

Fuentes primarias: La técnica utilizada en este trabajo es la observación estructurada -directa, mediante la revisión de registros, informes, matrices, entre otros de los datos obtenidos durante las pruebas del prototipo de un sistema de climatización para determinar los acontecimientos las leyes de la termodinámica y el rendimiento.

Fuentes secundarias: Para la recolección de datos se tomó en cuenta el empleo de fichas bibliográficas para anotar datos de los libros que se utilizaron para la investigación, tesis que guardaban relación directa con el objetivo de estudio y revistas con la finalidad de incrementar el marco teórico.

2.4.2. Instrumentos

Instrumento de medición para la variable: Leyes Termodinámicas

Hoja de observación: El medio de representación que se utilizara para reunir la información, en donde podremos ver de forma interactiva las propiedades del aire, tales como temperatura, volumen, presión, etc. Asimismo, las hojas de observación se utilizan para determinar, como varían estas propiedades al cambiar la humedad en el aire. Este instrumento nos permitirá la recolección de datos para luego ser medidos y obtener así resultados. Este se basa en el análisis de los documentos obtenidos durante la investigación los cuales se pueden encontrar en los datos de las pruebas realizadas al prototipo.

HR: Hoja de Registro: “Leyes de la Termodinámica”

Instrumento de medición para la variable: Rendimiento de una Bomba de Calor

Hoja de observación: El medio de representación que se utilizara para reunir la información mediante la técnica de observación donde se

registrara todos los datos obtenidos durante las pruebas al prototipo respecto a su rendimiento funcional. Es un instrumento de registro el cual permite evaluar el desempeño, ya que se puede establecer categorías cuyos rangos son más amplios.

HR: Hoja de Registro: “Rendimiento de una Bomba de Calor”

2.4.3. Prueba de confiabilidad de los instrumentos

Para la validación del instrumento es necesario que estos se encuentren alienados con la operacionalización de las variables, este instrumento permite la recopilación de información y datos, para su posterior análisis y estudio con la finalidad de obtener así la medición de estos datos.

Asimismo, la validación de los instrumentos para el presente trabajo de investigación será sometida al juicio de expertos donde tres Magísteres especialistas en el tema de estudio brindaron sus opiniones profesionales basados en su experiencia y conocimientos, comparando la coherencia y la relación lógica de las variables a medir con sus respectivos indicadores.

2.5. Métodos de análisis de datos

Según Guillen y Valderrama (2015) para la tarea de análisis de datos se necesitará usar tablas de frecuencia y figuras para su posterior estudio e interpretación, para el caso de la prueba de hipótesis se tomará en cuenta el análisis paramétrico y el no paramétrico.

Se procedió a elaborar la base de datos para las dos variables, recolectando los valores obtenidos de la aplicación de los instrumentos de medición, para posteriormente ser usados en el análisis descriptivo e inferencial a través del empleo del programa SPSS y el Excel.

Para la presentación de los resultados de la investigación se desarrollarán tablas de frecuencia con el fin de presentar la información de las variables en forma resumida, asimismo figuras estadísticas para un análisis visual ofreciendo la mayor información.

Al ser un análisis paramétrico ya que los datos empleados fueron mediante el rango o conteo de frecuencia

Para realizar la prueba de hipótesis, se usará el estadístico de T-STUDENT con escalas ordinales, para medir la correlación entre ambas variables y aplicadas cuando la medición se realiza en una escala ordinal con clasificación entre rangos.

2.6.Aspectos éticos

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se tomará en cuenta la veracidad e imparcialidad de los resultados obtenidos, ya que el uso de información es de producto de la recopilación de datos en las pruebas y como profesionales seremos agentes responsables de manejar de forma correcta y honesta los datos obtenidos durante la investigación, y por ello estamos en la obligación de garantizar la confidencialidad de los mismos.

III. RESULTADOS

3.1.Propuesta de la investigación

Generalidades del prototipo

Se propone mejorar el rendimiento de una bomba de calor a través de la aplicación de las leyes termodinámicas, por ejemplo, dentro de la 1ra ley de la termodinámica donde se ahondo en mejorar la conservación de la energía y de la masa, de manera que, el aprovechamiento del sistema sea mucho más óptimo, seguidamente al aplicar la 2da ley, se busca mejorar la eficiencia isentrópica en relación al trabajo y rendimiento, de igual manera que su entropía, por otra lado, todos los cambios hechos tanto teórico (investigación, estudios realizados) y prácticos (trabajo de campo, toma de pruebas), se pueden evidenciar al utilizar los el coeficiente de rendimiento energético en modo calefacción (COP) y el coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER), todo lo explicado líneas arriba, serán visualizadas y plasmadas en pruebas y esquemas que demostraran de manera detallada las mejoras realizadas a partir de la leyes aplicadas dentro del sistema creado. Según Kiss y Infante (2017) manifiesta una forma adecuada para medir el rendimiento de calor es a través del coeficiente de rendimiento (COP), se utiliza para describir la proporción de calor útil entregada por entrada de trabajo. Generalmente las bombas de calor tienen un COP de 4-6, teniendo cuenta que la eficiencia actual de muchas de las bombas de calor es aproximadamente de 50% de Carnot. Según Kiss y Infante (2017) manifiesta “the design of the evaporator and condenser heat exchangers plays an important role in the overall efficiency of a heat pump”. Para que una bomba de calor sea más eficaz es preciso un adecuado diseño de los intercambiadores de calor del evaporador y el condensador. Donde el COP aumenta a medida que disminuye el aumento de temperatura entre la fuente de calor y el destino, se debe tomar en cuenta que los intercambios de calor y trabajo de compresores son costosos y es por ello que la industria busca competir en precio en lugar de eficiencia. Es por ello que las bombas de calor tienen desventaja de precio cuando se trata de inversión inicial en comparación con las soluciones de calefacción convencionales, por lo que el impulso a tener una bomba de calor más eficientes a menudo es conducido por medidas legislativas sobre estándares mínimos de eficiencia.

3.2.Desarrollo

Variable independiente: leyes termodinámicas

Dimensión: Primera ley termodinámica

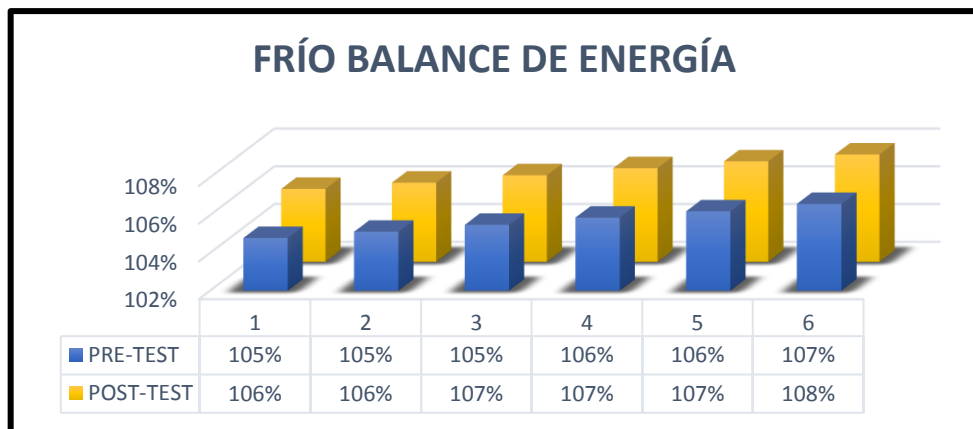
Conservación de energía

Tabla 3. Recolección de datos pre-post prueba de Conservación de energía

N° DE PRUEBAS		1	2	3	4	5	6
FRÍO	PRE-TEST	81%	81%	82%	82%	82%	82%
	POST-TEST	97%	97%	97%	98%	98%	98%
CALOR	PRE-TEST	111%	115%	119%	123%	127%	123%
	POST-TEST	127%	136%	149%	170%	182%	190%

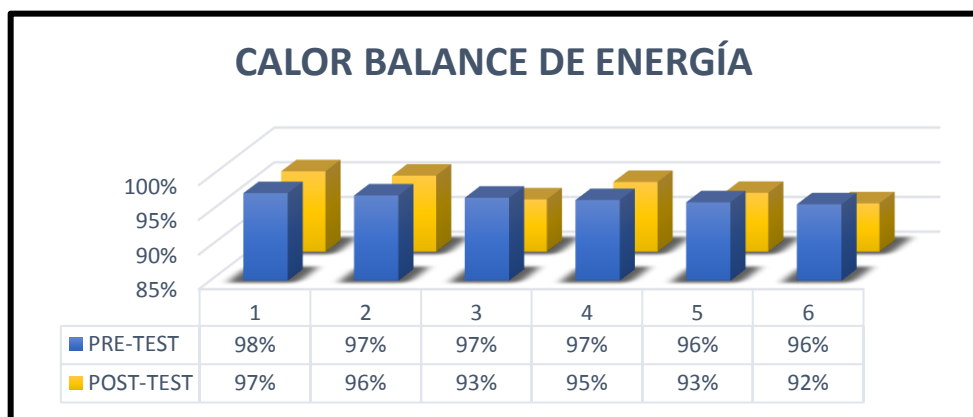
Fuente: elaboración propia

Grafico 1. % balance de energía (frio)



Fuente: elaboración propia

Grafico 2. % balance de energía (calor)



Fuente: elaboración propia

Interpretación: en la tabla 3 de balance de energía realizado a ambos sistemas de climatización, podemos observar que en la etapa de pre-test prueba de BC indica una estimación porcentual de pérdida de 18%, esto quiere decir que, de todo el trabajo suministrado al sistema, esta solo logra transformar el 82% en calor; sin embargo haciendo la comparativa con el post test, se puede visualizar que solo presenta una pérdida del 2%, lo cual indica que este nuevo sistema es capaz convertir casi toda la energía suministrada en calor entregando así un 98%. Por otra parte, en cuanto a foco caliente se refiera, podemos apreciar que, en el pre test, tenemos 23% que se muestra como ganancia, esto se debe a que el calor en esta fase del proceso, es termodinámicamente más conductivo, por ende, su aprovechamiento es mucho mayor al momento de transformar energía en calor, no obstante, el nuevo sistema muestra una ganancia casi del 90%, esto se debe a que por cada kW que utiliza la máquina, esta puede generar casi el doble de calor, haciéndola así más eficiente.

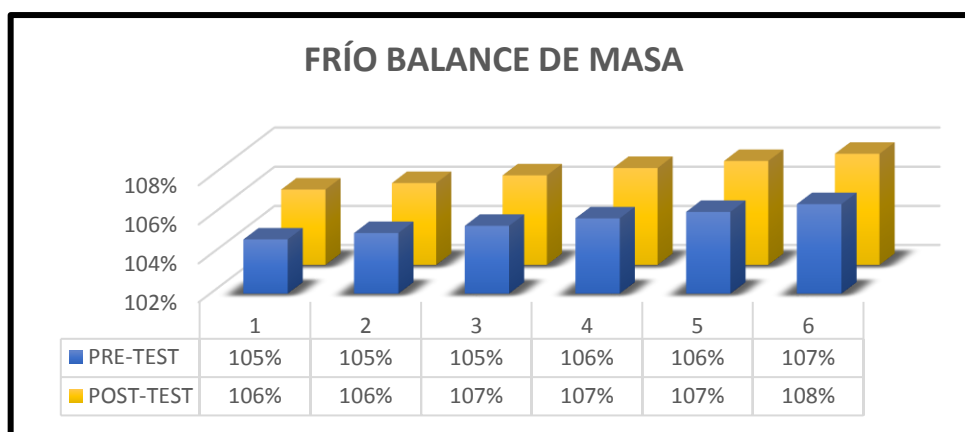
Conservación de la masa

Tabla 4. Recolección de datos pre-post prueba de Conservación de la masa

N° DE PRUEBAS		1	2	3	4	5	6
FRÍO	PRE-TEST	105%	105%	105%	106%	106%	107%
	POST-TEST	106%	106%	107%	107%	107%	108%
CALOR	PRE-TEST	98%	97%	97%	97%	96%	96%
	POST-TEST	97%	96%	93%	95%	93%	92%

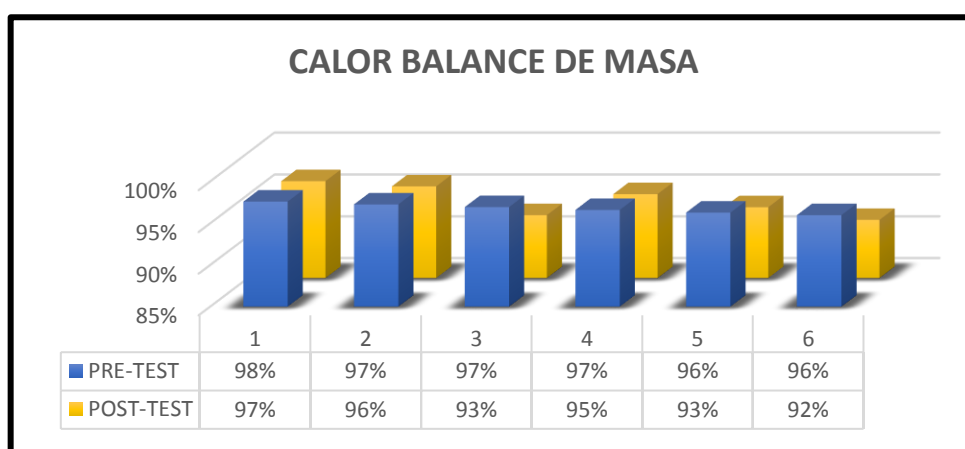
Fuente: elaboración propia

Grafico 3. % balance de masa (frio)



Fuente: elaboración propia

Grafico 4. % balance de masa (calor)



Fuente: elaboración propia

Interpretación: en la tabla 4 de balance de masa, podemos apreciar la ganancia y pérdidas en cuanto a masas se refiera, tal es así que en el pre test en la fase de enfriamiento podemos apreciar que el aire que ingresa al sistema tiene una ganancia de masa de 7%, mientras que en el post test, la ganancia a 8%, esto se explica debido a que al disminuir la temperatura del aire su densidad aumentara de manera inversamente proporcional, lo cual se traslada generación de masa. Por otro lado, dentro de la etapa de calor, visualizamos que el resultado referencial en el pre test es 96% considerándose así una pérdida de -4%, mientras que en el post test se observa un estimado de 92% obteniendo una pérdida de -8%, en este caso la Temperatura juega un rol importante para ambos casos, puesto que, a mayor temperatura la densidad del aire y su masa se evaporan y sostienen pérdidas en forma de vapor las cuales están reflejadas en la tabla.

Dimensión: Segunda ley termodinámica

Entropía

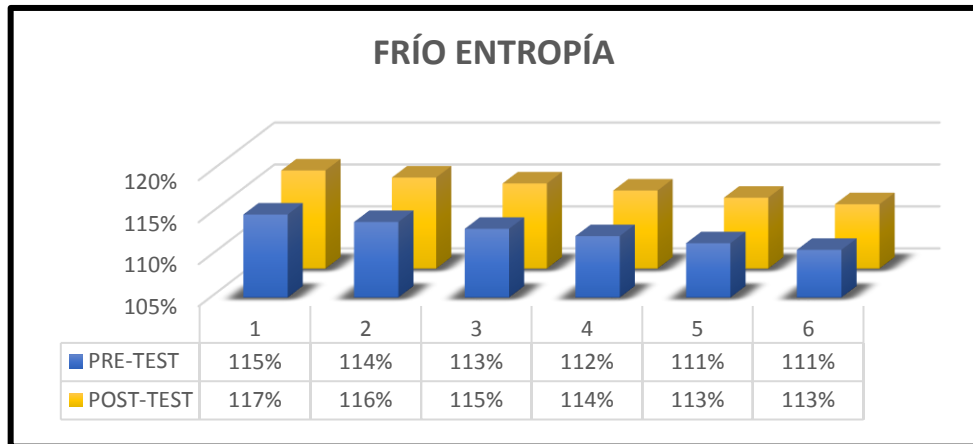
Tabla 5. Recolección de datos pre-post prueba de entropía

N° DE PRUEBAS		1	2	3	4	5	6
FRÍO	PRE-TEST	115%	114%	113%	112%	111%	111%
	POST-TEST	117%	116%	115%	114%	113%	113%
CALOR	PRE-TEST	90%	91%	92%	92%	93%	94%

	POST-TEST	98%	98%	98%	98%	99%	99%
--	-----------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

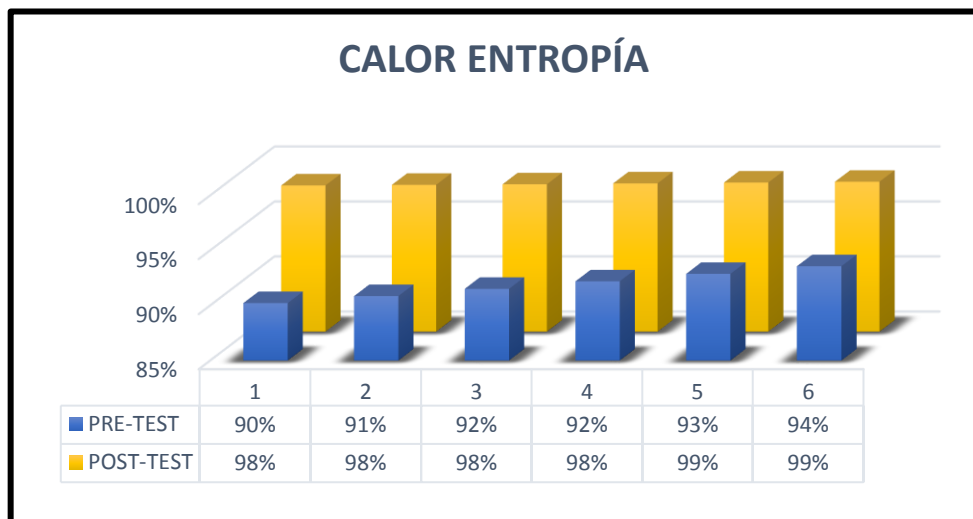
Fuente: elaboración propia

Grafico 5. % entropía (frio)



Fuente: elaboración propia

Grafico 6. % entropía (calor)



Fuente: elaboración propia

Interpretación: En el grafico 5 podemos observar que la entropía en la fase de frio aumenta y en la etapa de generación de calor estas disminuyen, esto se debe a que las entropías de las mismas están relacionadas al Q_h y Q_l (calores), donde mientras más sea la variación de la temperatura, la entropía que poseen las mismas variaran de manera inversamente proporcional. Por tal razón, los porcentajes estimados en el pre test fase frio tenemos 115% para el sistema en estudio, y para nuestro sistema creado tenemos un 117%, así mismo dentro

del post test podemos observar los valores porcentuales en el pre test de 90%, y para el post test 98%.

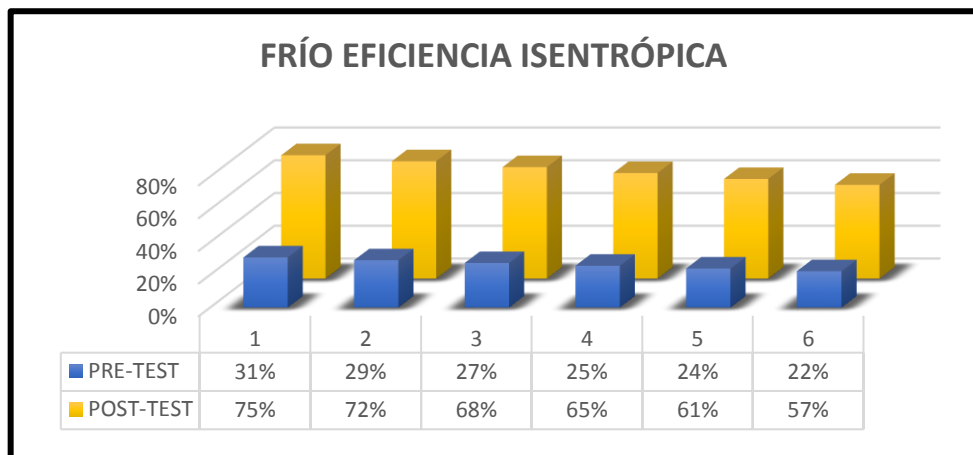
Eficiencia isentrópica

Tabla 6. Recolección de datos pre-post prueba de Eficiencia isentrópica

N° DE PRUEBAS		1	2	3	4	5	6
FRÍO	PRE-TEST	31%	29%	27%	25%	24%	22%
	POST-TEST	75%	72%	68%	65%	61%	57%
CALOR	PRE-TEST	55%	51%	47%	43%	40%	36%
	POST-TEST	62%	60%	58%	55%	53%	51%

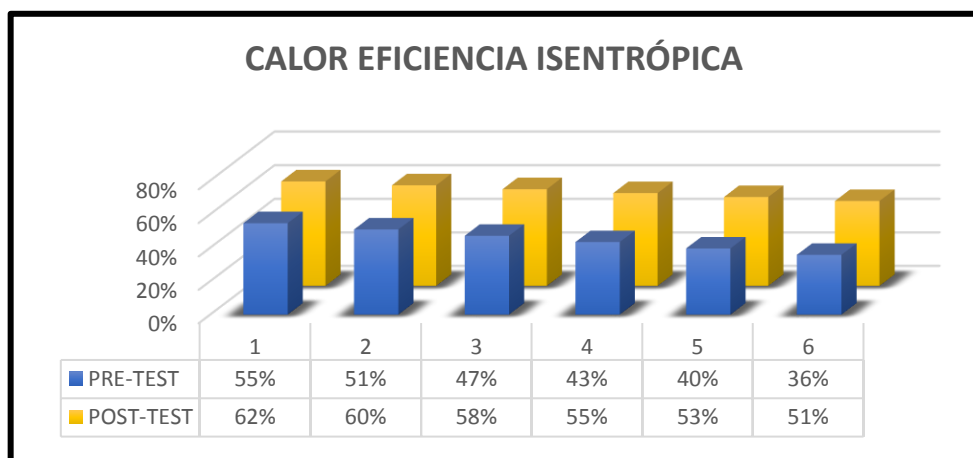
Fuente: elaboración propia

Grafico 7. % eficiencia isentrópica (frio)



Fuente: elaboración propia

Grafico 8. % eficiencia isentrópica (calor)



Fuente: elaboración propia

Interpretación: La tabla 6 muestra la eficiencia isentrópica en relación al cociente del trabajo real y el trabajo teórico, por lo cual se puede apreciar de manera porcentual que en el pre test la maquina no aprovecha el trabajo al máximo, sino que esta se pierde en un porcentaje debido a diversos factores como energía de consumo, flujo de calor, temperatura entre otros. Quedándonos como valores comparativos dentro la fase frio 31% para el pre test y 75% para el post test. Seguidamente también se observa la eficiencia isentrópica en la etapa de calefacción, donde se denota los valores de 55% para el pre test, así como un aumento porcentual con un 62% para el post test.

Variable dependiente: Rendimiento de una bomba de calor

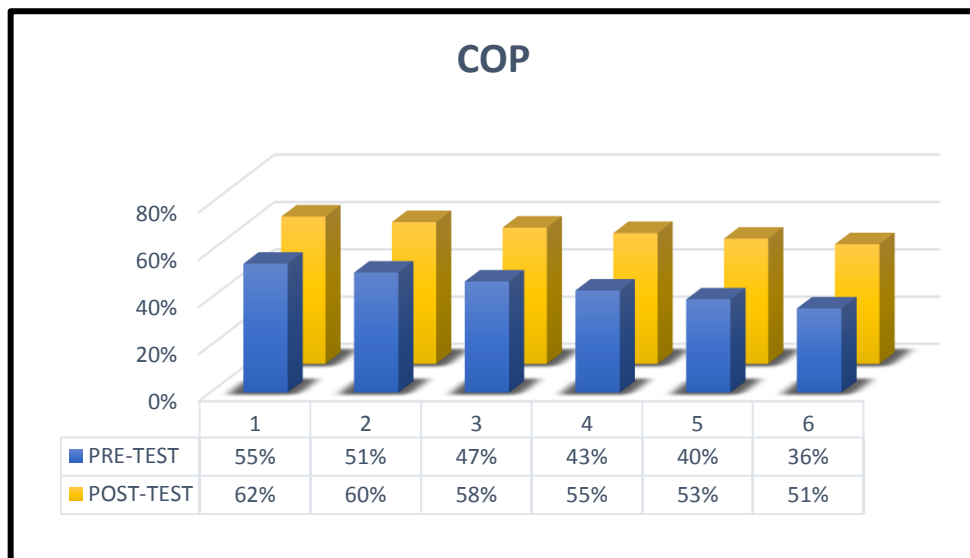
COP (Coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción)

Tabla 7. Recolección de datos pre-post prueba del COP

N° DE PRUEBAS	1	2	3	4	5	6
PRE-TEST	55%	51%	47%	43%	40%	36%
POST-TEST	62%	60%	58%	55%	53%	51%

Fuente: elaboración propia

Grafico 9. % COP



Fuente: elaboración propia

Interpretación: el COP (coeficiente de eficiencia energética) está dada por la comparación entre salida del calor (Qh) y potencia (W) suministrada, por lo

cual de la tabla podemos observar los diferentes COP's y su comportamiento a diferentes temperaturas. Donde podemos apreciar que, el resultado en el pre test es de 55% en cuanto a rendimiento general se refiera, y para el post test tenemos un 62%, por lo tanto, la maquina tiene un mejor aprovechando de la energía que se le suministra, transformándola en calor y entregándola de manera eficiente.

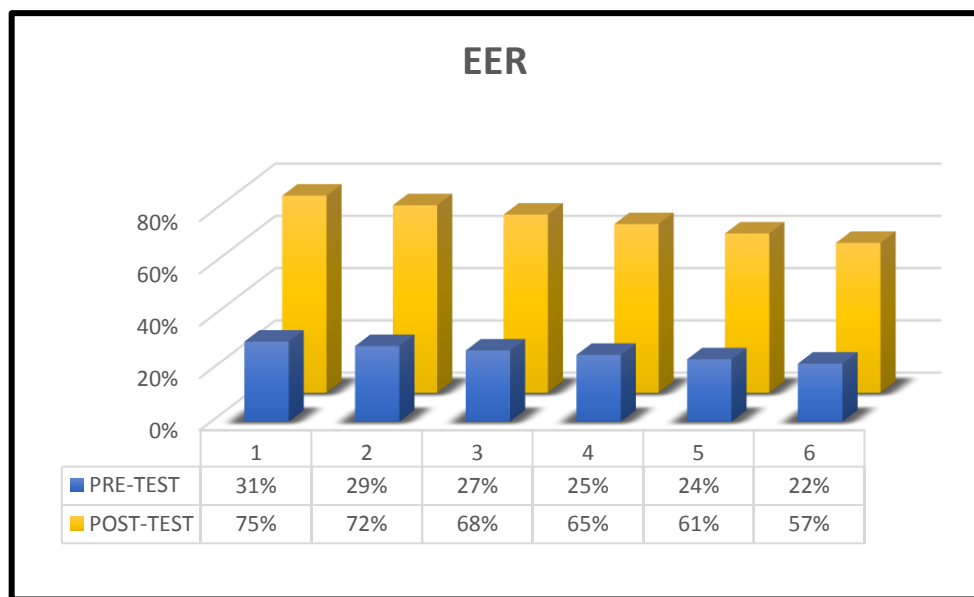
EER (Coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración)

Tabla 8. Recolección de datos pre-post prueba del EER

N° DE PRUEBAS	1	2	3	4	5	6
PRE-TEST	31%	29%	27%	25%	24%	22%
POST-TEST	75%	72%	68%	65%	61%	57%

Fuente: elaboración propia

Grafico 10. % EER



Fuente: elaboración propia

Interpretación: el EER (coeficiente de eficiencia energética) está dada por la comparación entre salida del calor (Ql) y potencia (W) suministrada, por lo cual de la tabla podemos observar los diferentes ERR's y su comportamiento a diferentes temperaturas. Dándonos como resultados porcentuales dentro del pre test 31%, y en el post test 75%, este resultado indica que sistema creado

es más eficiente al conservar en mayor cantidad la energía que ingresa, para luego entregar calor hacia un espacio determinado.

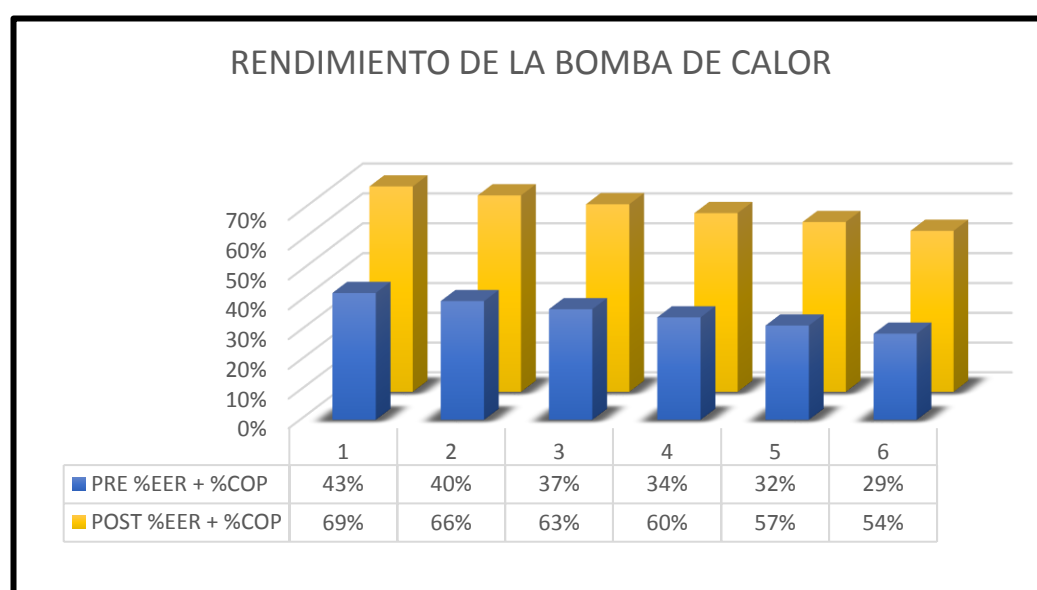
Resultado total del rendimiento de la bomba de calor

Tabla 9. Recolección de datos pre-post prueba del Rendimiento

PRE - RENDIMIENTO DEL SISTEMA	PRE	N° PRUEBAS						
		1	2	3	4	5	6	
	EER + COP	6.41	6.10	5.79	5.48	5.18	4.87	
	PRE %EER + %COP	43%	40%	37%	34%	32%	29%	
POST - RENDIMIENTO DEL SISTEMA	POST	1	2	3	4	5	6	
		EER + COP	3.18	3.06	2.94	2.83	2.71	2.59
		POST %EER + %COP	69%	66%	63%	60%	57%	54%

Fuente: elaboración propia

Grafico 11. % rendimiento



Fuente: elaboración propia

Interpretación: De la tabla 9 se visualiza el contraste general, donde sumamos ambas eficiencias para saber de manera global cual es el porcentaje alcanzado y cuando se diferencia el pre test (43%) del post test (69), de lo cual podemos afirmar que el sistema creado, tiene un mejor rendimiento en cuanto transformar la mayor cantidad de energía en calor generado se refiera.

3.3. Análisis estadístico - inferencial

3.3.1. Prueba de normalidad

Para ello se debe seguir los siguientes criterios, para la prueba de normalidad de los datos siguiendo los siguientes criterios:

Datos < 30 Shapiro Wilk

Datos >30 Kolmogorov

Entonces: los datos recolectados a partir de las pruebas realizadas son menores a 30, por consiguiente, se empleará Shapiro Wilk.

Asimismo, el nivel de confiabilidad se dará de la siguiente manera:

Nivel de confiabilidad 95%

$P < 0.05$ = Datos no paramétricos (los datos no provienen de una distribución normal)

$P > 0.05$ = Datos paramétricos (los datos provienen de una distribución normal)

3.3.1.1. Prueba de normalidad de la variable “rendimiento de la bomba de calor”

Tabla 10. Prueba de normalidad – rendimiento de la bomba de calor

		N° PRUEBAS					
		1	2	3	4	5	6
PRE - RENDIMIENTO DEL SISTEMA	PRE						
	EER + COP	6.41	6.10	5.79	5.48	5.18	4.87
	%EER + %COP	43%	40%	37%	34%	32%	29%
POST - RENDIMIENTO DEL SISTEMA	POST	1	2	3	4	5	6
	EER + COP	3.18	3.06	2.94	2.83	2.71	2.59
	%EER + %COP	69%	66%	63%	60%	57%	54%

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
PRE	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
POST	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk	
	Estadístico	Sig.
	gl	

PRE	,983	6	,965
POST	,982	6	,961

	PRE	POST	CONCLUSION
SIG> 0.05	SI	SI	PARAMETRICO
SIG> 0.05	SI	NO	NO PARAMETRICO
SIG> 0.05	NO	SI	NO PARAMETRICO
SIG> 0.05	NO	NO	NO PARAMETRICO

Fuente: elaboración propia

Interpretación: de la tabla 10 podemos concluir que el nivel de confiabilidad de la variable evaluada es de 0.965, siendo esta mayor que el 0.05 y después de realizada la mejora el resultado es 0.961 que es mayor que 0.05 por lo tanto se concluye que los datos recolectados son paramétricos y por ello se debe validar las hipótesis con el estadígrafo T-STUDENT.

3.3.1.2. Prueba de normalidad de la variable “COP”

Tabla 11. Prueba de normalidad – COP

	N° PRUEBAS	PRE-TEST		POST-TEST	
		COP	% COP	COP	% COP
CALOR	1	2.79	55%	3.18	62%
	2	2.60	51%	3.06	60%
	3	2.41	47%	2.94	58%
	4	2.21	43%	2.83	55%
	5	2.02	40%	2.71	53%
	6	1.82	36%	2.59	51%

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
PRE	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
POST	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE	,129	6	,200*	,983	6	,966
POST	,139	6	,200*	,967	6	,871

	PRE	POST	CONCLUSION
SIG > 0.05	SI	SI	PARAMETRICO
SIG > 0.05	SI	NO	NO PARAMETRICO
SIG > 0.05	NO	SI	NO PARAMETRICO
SIG > 0.05	NO	NO	NO PARAMETRICO

Fuente: elaboración propia

Interpretación: de la tabla 11 podemos concluir que el nivel de confiabilidad de la variable evaluada es de 0.966, siendo esta mayor que el 0.05 y después de realizada la mejora el resultado es 0.871 que es menor que 0.05 por lo tanto se concluye que los datos recolectados son paramétricos y por ello se debe validar las hipótesis con el estadígrafo T-STUDENT.

3.3.1.3. Prueba de normalidad de la variable “EER”

Tabla 12. Prueba de normalidad – EER

	N° PRUEBAS	PRE-TEST		POST-TEST	
		EER	% EER	EER	% EER
FRIO	1	2.60	31%	6.41	75%
	2	2.45	29%	6.10	72%
	3	2.31	27%	5.79	68%
	4	2.17	25%	5.48	65%
	5	2.02	24%	5.18	61%
	6	1.88	22%	4.87	57%

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
PRE	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%
POST	6	100,0%	0	0,0%	6	100,0%

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PRE	,138	6	,200*	,983	6	,965
POST	,122	6	,200*	,982	6	,961

	PRE	POST	CONCLUSION
SIG> 0.05	SI	SI	PARAMETRICO
SIG> 0.05	SI	NO	NO PARAMETRICO
SIG> 0.05	NO	SI	NO PARAMETRICO
SIG> 0.05	NO	NO	NO PARAMETRICO

Fuente: elaboración propia

Interpretación: de la tabla 12 podemos concluir que el nivel de confiabilidad de la variable evaluada es de 0.0085, siendo esta menor que el 0.05 y después de realizada la mejora el resultado es 0.008 que es menor que 0.05 por lo tanto se concluye que los datos recolectados son paramétricos y por ello se debe validar las hipótesis con el estadígrafo T-STUDENT.

3.3.2. Validación de la hipótesis general y específicas

Para el caso de la validación tanto de la hipótesis general como la específica, se concluyó que la prueba más idónea para el análisis es la prueba de T-STUDENT para aquellas muestras relacionadas, donde los datos expuestos no refieren una distribución normal.

3.3.2.1. Validación de hipótesis general “Rendimiento de una bomba de calor”

Ho: La aplicación de las leyes termodinámicas no mejoro el rendimiento de una bomba de calor, 2018.

H1: La aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el rendimiento de una bomba de calor, 2018.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{IAa} \leq \mu_{IAd}$$

$$H_1: \mu_{IAa} > \mu_{IAd}$$

Tabla 13. Validación de hipótesis general – Rendimiento de una bomba de calor

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	PRE	,3583	6	,05193	,02120
	POST	,6150	6	,05612	,02291

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	PRE & POST	6	,998	,000

Interpretación: de la tabla 13, ha quedado demostrado que la media del Rendimiento de una bomba de calor antes es de 0.3583, siendo esta menor que la media del Rendimiento de una bomba de calor después es 0.6150, por consiguiente, se acepta la hipótesis de investigación, de la cual queda expuesto que la aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el Rendimiento de una bomba de calor.

Tabla 14. Prueba de muestras emparejadas de T-STUDENT “Rendimiento de una bomba de calor”

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PRE - POST	-,25667	,00516	,00211	-,26209	-,25125	121,748	5	,000

Regla de decisión:

Si P valor \leq 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

Si P valor $>$ 0.05, se acepta la hipótesis nula.

Interpretación: de la tabla 14 podemos analizar el nivel de significancia de la prueba de T-STUDENT aplicada en el Rendimiento de una bomba de calor antes y después su nivel de significancia bilateral es menor que 0.05, por consecuencia y en conformidad con la regla de decisión aplicada se rechaza la

hipótesis nula y se acepta que la aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el Rendimiento de una bomba de calor.

3.3.2.1. Validación de hipótesis específica “COP”

Ho: La aplicación de las leyes termodinámicas no mejoro el COP de una bomba de calor, 2018.

H1: La aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el COP de una bomba de calor, 2018.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{IAa} \leq \mu_{IAd}$$

$$H_1: \mu_{IAa} > \mu_{IAd}$$

Tabla 15. Validación de hipótesis general – COP de una bomba de calor

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	PRE	,4533	6	,07062	,02883
	POST	,5650	6	,04231	,01727

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	PRE & POST	6	,997	,000

Interpretación: de la tabla 15, ha quedado demostrado que la media del COP de una bomba de calor antes es de 0.4533, siendo esta menor que la media del Rendimiento de una bomba de calor después es 0.5650, por consiguiente, se acepta la hipótesis de la hipótesis de investigación, de la cual queda expuesto que la aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el COP de una bomba de calor.

Tabla 16. Prueba de muestras emparejadas de T-STUDENT “COP”

Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)
Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
			Inferior	Superior				

Par 1	PRE - POST	- ,11167	,02858	,01167	-,14166	-,08168	- 9,571	5	,000
----------	---------------	-------------	--------	--------	---------	---------	------------	---	------

Regla de decisión:

Si P valor ≤ 0.05 , se rechaza la hipótesis nula.

Si P valor > 0.05 , se acepta la hipótesis nula.

Interpretación: de la tabla 16 podemos analizar el nivel de significancia de la prueba de T-STUDENT aplicada en el COP de una bomba de calor antes y después su nivel de significancia bilateral es menor que 0.05, por consecuencia y en conformidad con la regla de decisión aplicada se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el COP de una bomba de calor.

3.3.2.1. Validación de hipótesis específica “EER”

Ho: La aplicación de las leyes termodinámicas no mejoro el EER de una bomba de calor, 2018.

H1: La aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el EER de una bomba de calor, 2018.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{IAa} \leq \mu_{IAd}$$

$$H_1: \mu_{IAa} > \mu_{IAd}$$

Tabla 17. Validación de hipótesis general – EER de una bomba de calor

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	PRE	,2633	6	,03327	,01358
	POST	,6633	6	,06743	,02753

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	PRE & POST	6	,993	,000

Interpretación: de la tabla 17, ha quedado demostrado que la media del EER de una bomba de calor antes es de 0.2633, siendo esta

mayor o menor que la media del Rendimiento de una bomba de calor después es 0.6633, por consiguiente, se acepta la hipótesis de la hipótesis de investigación, de la cual queda expuesto que la aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el EER de una bomba de calor.

Tabla 18. Prueba de muestras emparejadas de T-STUDENT “EER”

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	PRE - POST	- ,40000	,03464	,01414	-,43635	-,36365	- 28,284	5	,000

Regla de decisión:

Si P valor \leq 0.05, se rechaza la hipótesis nula.

Si P valor $>$ 0.05, se acepta la hipótesis nula.

Interpretación: de la tabla 18 podemos analizar el nivel de significancia de la prueba de T-STUDENT aplicada en el EER de una bomba de calor antes y después su nivel de significancia bilateral es menor que 0.05, por consecuencia y en conformidad con la regla de decisión aplicada se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la aplicación de las leyes termodinámicas mejoro el EER de una bomba de calor.

IV. DISCUSIÓN

De los resultados obtenidos, procederemos al análisis y comparación de nuestra variable con los antecedentes previamente analizados:

De acuerdo a los resultados obtenidos, los cuales se pueden visualizar en la tabla 13, se logra evidenciar que el promedio del rendimiento de una bomba de calor antes de la aplicación de la mejora nos mostró como resultado 0.3583 bastante menor al promedio después de aplicada la propuesta en la que se obtuvo 0.6150, poniendo en expuesto una clara mejora como consecuencia la aplicación de las leyes termodinámicas, dicho resultado coincide con lo investigado por Moreno, A. (España, 2013) en su tesis titulada “Modelo teórico y validación experimental de una bomba de calor de expansión directa con asistencia solar: eficiencia energética. Aplicación a calefacción y ACS” la cual está contemplada dentro de la presente investigación donde esta concluye que el conocer cualitativa y cuantitativamente los parámetros de funcionamiento de una bomba de calor que climatiza en el ámbito doméstico, analizando las mejoras de eficiencia, donde se ha sido valorada con los resultados experimentales de un prototipo. Asimismo, Ramírez (México, 2013) en su tesis “Proyecto de un Sistema de acondicionamiento de aire para un quirófano perteneciente a un hospital, localizado en la localidad de Toluca; Estado de México” la cual forma parte del trabajo y concluyo en que el diseñar un Sistema de acondicionamiento de aire consiste en determinar los métodos termodinámicos utilizados para el cálculo, determinar los equipos y accesorios más adecuados para su construcción y permitir conocer la temperatura y humedad de acuerdo a lo que la norma determina, también para determinar la capacidad del serpentín de enfriamiento y el de calefacción.

De acuerdo con la tabla 15, queda expuesto que el promedio del COP antes de la aplicación de la mejora obtenemos un resultado 0.4533 bastante menor al promedio luego de aplicado su tratamiento se obtuvo 0.5650, evidenciando una mejora como consecuencia de la aplicación de las leyes termodinámicas, lo cual coincide con lo investigado por Macía (España, 2016) en su tesis titulada “Análisis y Caracterización de una Instalación de Calefacción y Refrigeración Solar usando una Bomba de Calor de Absorción Libr/H₂O Condensada/Evaporada mediante un Intercambiador Geotérmico Cerrado” la cual está contemplada dentro del desarrollo de la presente investigación y cuya conclusión es el análisis, modelado y simulación del funcionamiento de una instalación de climatización (calefacción y refrigeración),

donde las experiencias realizadas en verano e invierno han permitido caracterizar la instalación y también identificar como afecta cada una de las variables en el desempeño global y el rendimiento de la bomba de calor, esto significa que en verano la temperatura del condensador debe ser lo menor posible para un mayor COP. Los resultados muestran que altas temperatura del generador aumentan el COP. Asimismo, Bao (España, 2017) en su tesis titulada “Desarrollo de una herramienta de cálculo del rendimiento estacional de bombas de calor según la norma UNE-EN 14825” la cual está contemplada en el presente trabajo y su conclusión el análisis de las bombas de calor a las cuales es aplicable dicha norma y las distintas variables que influyen en el método de cálculo a través del programa Excel para evaluar el funcionamiento de dicho dispositivo (en modo calefacción se evaluara el SCOP y en modo refrigeración se utilizara el SEER), para valorar de forma exacta el rendimiento, son parámetros importantes para determinar la calidad y rendimiento de la bomba de calor, para el caso del SCOP su cálculo depende de tres parámetros los cuales son el tipo de bomba de calor, la temperatura y la zona climática.

De acuerdo con la tabla 17, queda expuesto que el promedio del EER antes de la aplicación de la mejora obtenemos un resultado 0.2633 bastante menor al promedio luego de aplicado su tratamiento se obtuvo 0.6633, evidenciando una mejora como consecuencia de la aplicación de las leyes termodinámicas, lo cual coincide con lo investigado por Reina (España, 2013) titulada “Mejora de la eficiencia energética en la instalación de climatización de un Centro Comercial” la cual es analizada en el trabajo y se concluye que el análisis de las diferentes opciones de eficiencia energética para la instalación de HVAC, lo cual incluye el análisis de los equipos necesarios y un marco para el fomento y desarrollo de alta eficiencia de calor y electricidad basada en la demanda de calor útil y en el ahorro de energía. Se concluyó, que en la prueba inicial se obtuvo la potencia frigorífica total es de 3036 kW y la potencia calorífica total es 2530 kW obteniéndose un EER de 0.95 y el COP de la instalación de 0.79. Después de la instalación de mejora se obtuvo que la potencia frigorífica total del proyecto es de 3281 kW y la potencia calorífica total es 2708 kW obteniéndose un EER de 2.28 y el COP de la instalación de 0.84; lo cual significa que es una correcta opción desde el punto de vista energético. Asimismo,

V. CONCLUSIONES

Con respecto al objetivo general, se concluye que la aplicación de las leyes termodinámicas demuestra una mejora significativa en el rendimiento de una bomba de calor. Donde se muestra de manera cuantitativa la media de la pre-prueba y post-prueba de la tabla 14, de la cual observamos una mejora del 25.67%. Cabe señalar que para hallar la misma, se tomó en cuenta la capacidad y potencia consumida por el sistema en modo refrigeración y calefacción. Asimismo, el promedio obtenido después de la mejora fue de 0.6150.

Con respecto al primer objetivo, se concluyó que con la aplicación de las leyes termodinámicas se demuestra que se ha mejorado de manera significativa el COP de una bomba de calor. Donde cuantitativamente la media de antes y después de la tabla 16, se puede observar una mejora con un 11.17%, cabe señalar que para hallarla se tomó en cuenta la capacidad calorífica en forma de calor y la potencia consumida en forma de trabajo. Asimismo, el promedio obtenido después de la mejora fue de 0.5650.

Por último, con respecto al segundo objetivo específico, se puede concluir que con la aplicación de las leyes termodinámicas se demuestra que se ha mejorado de manera significativa el EER de una bomba de calor. Donde cuantitativamente la media de antes y después de la tabla 18, se puede observar una mejora con un 40%, cabe señalar que para hallarla se tomó en cuenta la capacidad frigorífica en forma de calor y la potencia consumida en forma de trabajo. Asimismo, el promedio obtenido después de la mejora fue de 0.6633.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda, continuar con las mejoras al prototipo a través de la aplicación de las leyes termodinámicas con la propuesta de sistemas independientes. Además, que esta aplicación logro evidenciar que existe una mejora en el rendimiento de la maquina en un 25.67%.

Con respecto a la segunda conclusión se recomienda seguir con las pruebas del prototipo a través de la aplicación de las leyes termodinámicas, para lograr mayores mejoras, y por consiguiente incrementar el COP (calor). Además, que esta aplicación logro evidenciar que existe una mejora en el rendimiento de la maquina calorífica de un 11.17%.

Por último, respecto a la tercera conclusión, proponemos realizar investigaciones para la utilización de gas refrigerante a base de CO₂, asimismo seguir con las pruebas del prototipo de manera experimental para evidenciar si el rendimiento (EER) con este nuevo elemento se mantiene o existe alguna variación. En ese mismo contexto, esto contribuirá a atenuar de manera gradual la contaminación del planeta.

VII. REFERENCIAS

Referencias bibliográficas

1. Abanto, W. (2014). Diseño y desarrollo del proyecto de investigación: guía de aprendizaje. Trujillo, Perú.
2. Armas y Lapuerta (2012). Frio industrial y aire acondicionado. Cuenca: Ediciones de la Universidad de Castilla.
3. ATECYR (2012). Guía técnica de instalaciones de climatización con equipos autónomos. Madrid, España: IDAE.
4. Bao, C. (2017). Desarrollo de una herramienta de cálculo del rendimiento estacional de bombas de calor según la norma UNE-EN 14825. (Tesis Master Universitario en Ingeniería Industrial, ETSIB). Recupera de <http://hdl.handle.net/2117/101391>
5. Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación (3ª ed.). Bogotá D.C., Colombia: Pearson Educación.
6. Bolívar y Martínez (2014). Estudio de eficiencia energética de equipos y sistemas de aire acondicionado en la edificación del bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe. Tesis (Universidad Autónoma del Caribe).
7. Bóxer, G. (1979). Termodinámica técnica. Teoría, ejemplos resueltos y problemas. Barcelona, España: Editorial Reverté S. A.
8. Çengel y Boles (2015). Termodinámica (8ª ed.). México D.F., México: McGraw Hill.
9. Comentarios RITE-2007 Reglamento de instalaciones en los edificios, ATECYR (2007). Madrid, España: IDAE.
10. Domingo, A. M. (2015). Apuntes de los temas de termodinámica. España: CC-BY-SA-NC.
11. Empresas de climatización sufren por falta de profesionales. (10 de noviembre 2016). El Comercio. Recuperado de <https://elcomercio.pe/economia/personal/empresas-climatizacion-sufren-falta-profesionales-147719>
12. Fernández y Velasco (2009). Termodinámica. Madrid, España: Editorial Universitaria Ramón Areces S. A.
13. García et al. (2014) Estudios IDAE 001: Parque de bombas de calor España. Síntesis del estudio. Composiciones RALI S.A.
14. Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en el Sector Servicios (2010). España: Instituto Tecnológico de Galicia.

15. Guía técnica de Instalaciones de climatización con equipos autónomos, ATECYR (2012). Madrid, España: IDAE.
16. Guía técnica. Procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras de agua y equipos autónomos de tratamiento de aire, ATECYR (2007). Madrid, España: IDEA.
17. Gutierrez, D. (2009). Sistema de climatización para el hotel cuatro estrellas ubicado en la ciudad de Lima. (Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/574>
18. González y Ferrando. Ciclo formativo montaje y mantenimiento de instalaciones de frio, climatización y producción de calor. Módulo 6 instalaciones de climatización y ventilación.
19. Howell y Buckius (1990). Principios de termodinámica para ingeniería. México D.F., México: McGraw Hill.
20. Huanca, E. (2016). Diseño de un sistema de aire acondicionado para un restaurante ubicado en la ciudad de lima. Tesis (Universidad Nacional Mayor de San Marcos). Recuperada de <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/5269>
21. Informe técnico estándar mínimo de eficiencia energética equipos de aire acondicionado (2017). Santiago de Chile, Chile: Ministerio de Energía.
22. Jiménez, Gutiérrez y Barbosa (2014). Termodinámica. México D.F., México: Grupo Editorial Patria.
23. Kutsuma, M. (2011). Diseño de un sistema de climatización en aula CAD-CAE. Tesis (Pontificia Universidad Católica del Perú). Recuperada de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/865>
24. Macía, A. (2016). Análisis y Caracterización de una Instalación de Calefacción y Refrigeración Solar usando una Bomba de Calor de Absorción Libr/H2O Condensada/Evaporada mediante un Intercambiador Geotérmico Cerrado. Tesis (Universidad de Valladolid). Recuperada de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/22129>
25. Manual de conductos de aire acondicionado Climaver, 2009 (2ª ed.). Saint-Gobain Cristaleria, S.A.
26. Mercado de aire acondicionado seguirá calentándose este año. (10 de febrero 2015). El Comercio. Recuperado de

<https://elcomercio.pe/economia/negocios/mercado-aire-acondicionado-seguira-calentandose-ano-331708>

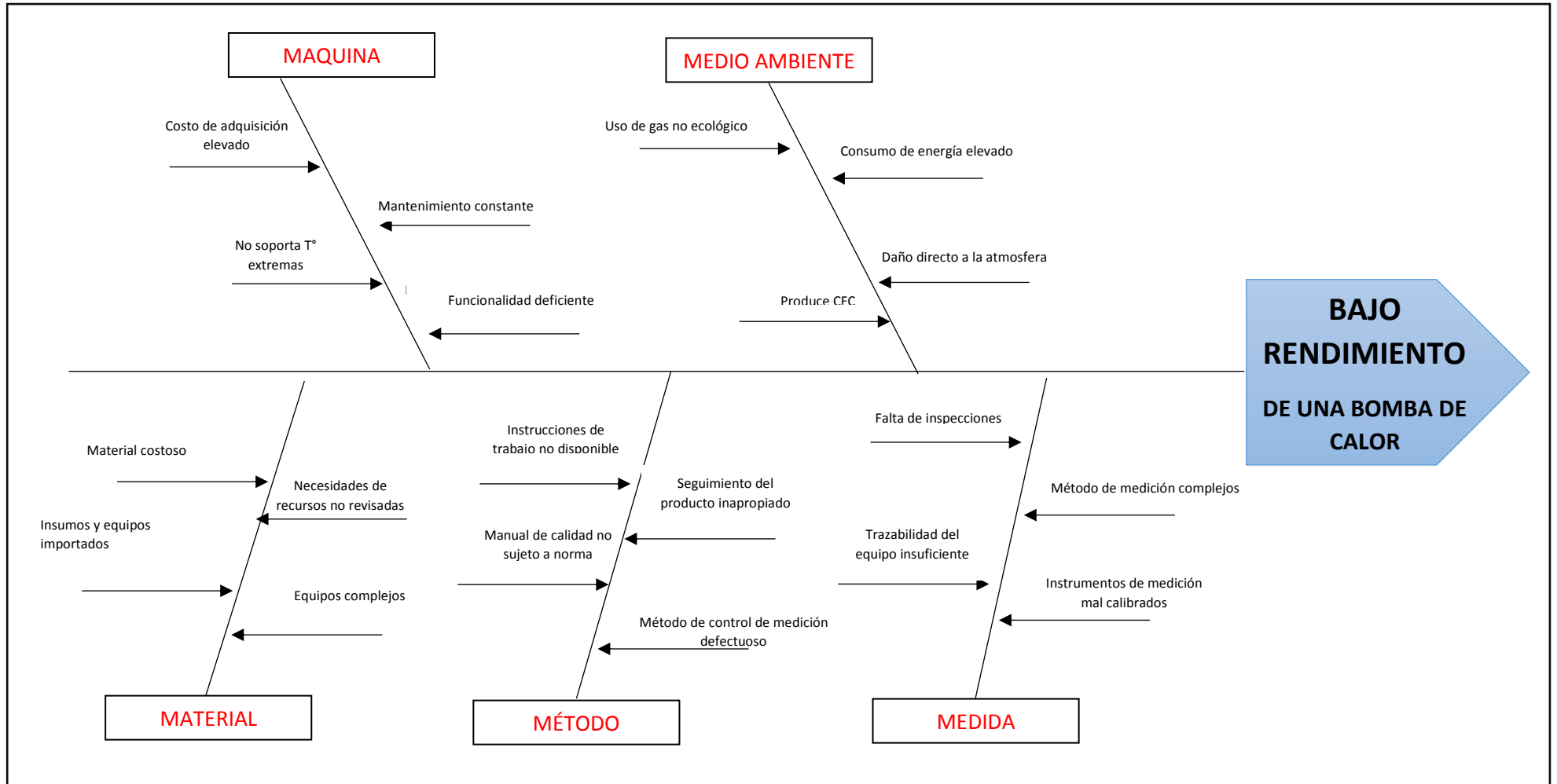
27. Modulo V. mantenimiento a sistemas de aire acondicionado tipo paquete (2009). Dirección General de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar.
28. Mogollón, P. (2016). Modelación y control avanzado de un sistema de aire acondicionado para ahorro de consumo energético. Tesis (Universidad de Piura).
29. Morán y Shapiro (2004). Fundamentos de termodinámica técnica (2ª ed.). Barcelona, España: Reverte.
30. Moreno, A. (2013). Modelo teórico y validación experimental de una bomba de calor de expansión directa con asistencia solar: eficiencia energética. Aplicación a calefacción y ACS. Tesis (Universidad Carlos III de Madrid). Recuperada de <http://hdl.handle.net/10016/17910>
31. Müller, E. A. (2002). Termodinámica Básica (2ª ed.). Caracas, Venezuela: Equinoccio.
32. Ñaupás et al. (2014). Metodología de la investigación cuantitativa – cualitativa y redacción de la tesis (4ª ed.). Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
33. Quiliano, H. O. (2015). Configuración del Free Cooling de aire acondicionado para controlar la climatización en la sala de equipos del HUB Puno. (Tesis para optar el título de Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional del Centro del Perú). Recuperada de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/2145>
34. Ramírez, L. (2013). Proyecto de un Sistema de acondicionamiento de aire para un quirófano perteneciente a un hospital, localizado en la localidad de Toluca; Estado de México. Tesis (Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ing. Mecánica y Eléctrica).
35. Real, A. (2017). Modelización de sistemas de climatización con bomba de calor y depósitos de cambio de fase. Validación experimental y optimización energética. Tesis doctoral (Universidad CEU Cardenal Herrera). Recuperada de <http://hdl.handle.net/10637/8582>
36. Reina, I. R. (2013). Mejora de la eficiencia energética en la instalación de climatización de un Centro Comercial. (Tesis de ingeniería energética, universidad de Sevilla).
37. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile, RITCH (2007). Santiago de Chile, Chile: Cámara de Chile de Refrigeración y Climatización.

38. Roldan, J. H. (2014). Termodinámica: Serie Universitaria Patria. México D.F., México: Grupo Editorial Patria
39. Rolle, K. C. (2006). Termodinámica (6ª ed.). Monterrey, México: Pearson Educación.
40. Sala, López y Peña (2011). Termodinámica Aplicada (2ª ed.). Logroño, Portugal: Universidad de Rioja.
41. Sánchez, S. M. (2015). UF0566 - Eficiencia energética en las instalaciones de climatización en los edificios. España: Editorial Elearning.
42. Sampieri Et al. (2014). Metodología de la investigación (6ª ed.). México D.F., México: McGraw Hill.
43. Sevillano, I. (2015). Proyecto de ejecución instalación de climatización y ventilación edificio voluntario cooperación al desarrollo. Madrid, España: Comunidad de Madrid.
44. Valderrama, S. (2015). Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta. Lima, Perú: San Marcos EIRL.
45. Valderrama y Guillén (2015). Guía para elaborar la tesis universitaria escuela de postgrado. Lima, Perú: Ando Educando.
46. Velasco, Martínez y Gómez (2010). Termodinámica técnica. Zaragoza, España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

Referencias en ingles

1. Bonin, J. (2015). Heat Pump Planning Handbook. New York, USA: Routledge.
2. Kiss y Infante (2017). Heat Pumps in Chemical Process Industry. U S: CRC Press.
3. Mix, J (2006). HVAC Efficiency Definitions. Carrier Corporation.
4. Silberstein, E. (2016). Heat Pumps (2ª ed.). Boston, USA: Cengage Learning.
5. W. Larsen, A. (2012). HVAC Design Sourcebook. United Stated: McGraw Hill Professional.

ANEXO 1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2. MATRIZ DE ENFRENTAMIENTO

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	PUNTAJE	PONDERADO
C1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	14	9%
C2	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	15	10%
C3	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	14	9%
C4	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	11%
C5	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	9	6%
C6	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	14	9%
C7	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	10	7%
C8	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	8	5%
C9	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	9	6%
C10	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	8	5%
C11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1%
C12	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	4	3%
C13	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	3	2%
C14	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2%
C15	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	2%
C16	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	2%
C17	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	3%
C18	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	5	3%
C19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	1%
C20	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	2%
																					150	100%

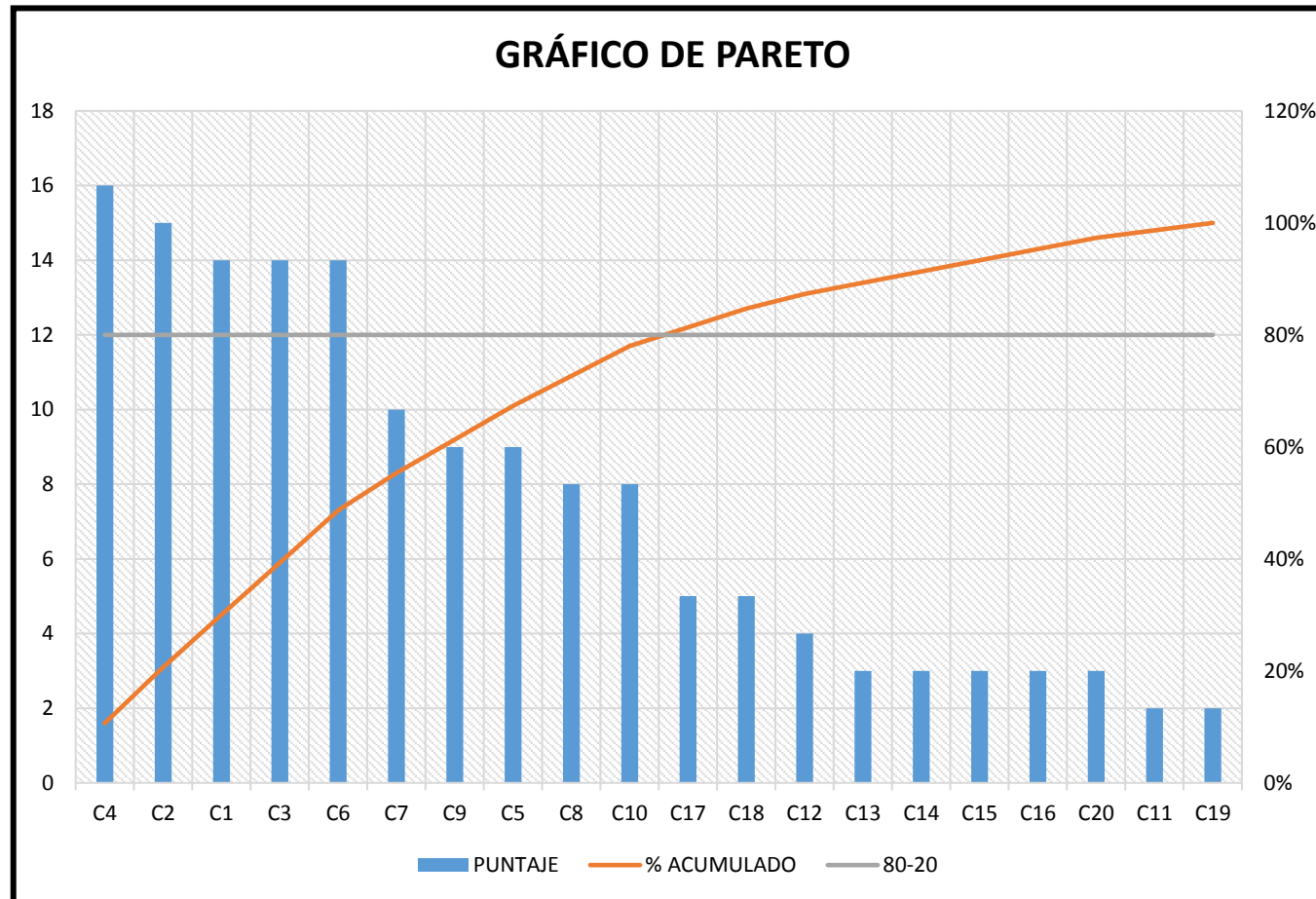
Fuente: elaboración propia

ANEXO 3. CUADRO DE CAUSAS

	CAUSAS	PUNTAJE	% PONDERADO	% ACUMULADO
C4	Funcionabilidad deficiente	16	11%	11%
C2	No soporta T° extremas	15	10%	21%
C1	Costo de adquisición elevado	14	9%	30%
C3	Mantenimiento constante	14	9%	39%
C6	Consumo de energía elevado	14	9%	49%
C7	Daña la atmosfera	10	7%	55%
C9	Material costoso	9	6%	61%
C5	Uso de gas no ecológico	9	6%	67%
C8	Produce CFC	8	5%	73%
C10	Insumo y equipos importados	8	5%	78%
C17	Falta de inspecciones	5	3%	81%
C18	Método de medición complejos	5	3%	85%
C12	Necesidades de recursos no revisadas	4	3%	87%
C13	Instrucciones de trabajo no disponibles	3	2%	89%
C14	Manual de calidad no sujeto a norma	3	2%	91%
C15	Método de control de medición defectuoso	3	2%	93%
C16	Seguimiento del producto inapropiado	3	2%	95%
C20	Instrumento de medición mal calibrados	3	2%	97%
C11	equipos complejos	2	1%	99%
C19	Trazabilidad del equipo insuficiente	2	1%	100%
	TOTAL	150		

Fuente: elaboración propia

ANEXO 4. GRÁFICO DE PARETO



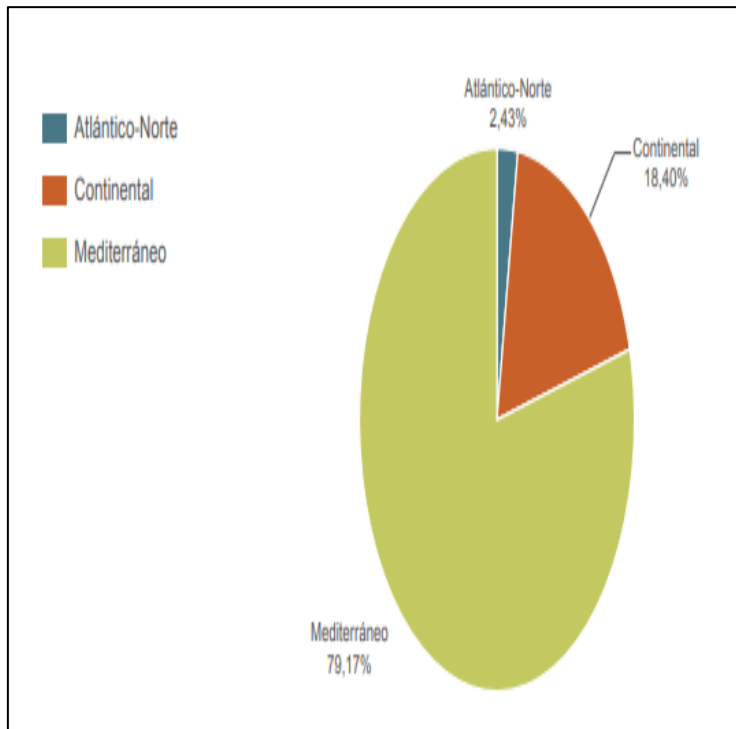
Fuente: elaboración propia

ANEXO 5. HOGARES Y ESTABLECIMIENTOS CON BOMBAS DE CALOR

Zona climática		Hogares	Comercio – servicios	Industria	Actividades anexas al transporte	Total
Atlántico – norte	Universo total	2.373.620	336.070	91.835	3.774	2.805.299
	Población con bomba de calor	84.973	70.764	22.225	845	178.807
Continental	Universo total	6.077.563	894.899	237.626	8.281	7.218.369
	Población con bomba de calor	1.065.258	275.698	84.271	3.034	1.428.261
Mediterránea	Universo total	9.632.509	1.440.030	341.394	15.810	11.429.743
	Población con bomba de calor	4.620.756	901.624	213.290	11.262	5.746.932
Total	Universo total	18.083.692	2.670.999	670.855	27.865	21.453.411
	Población con bomba de calor	5.770.987	1.248.087	319.766	15.141	7.354.001

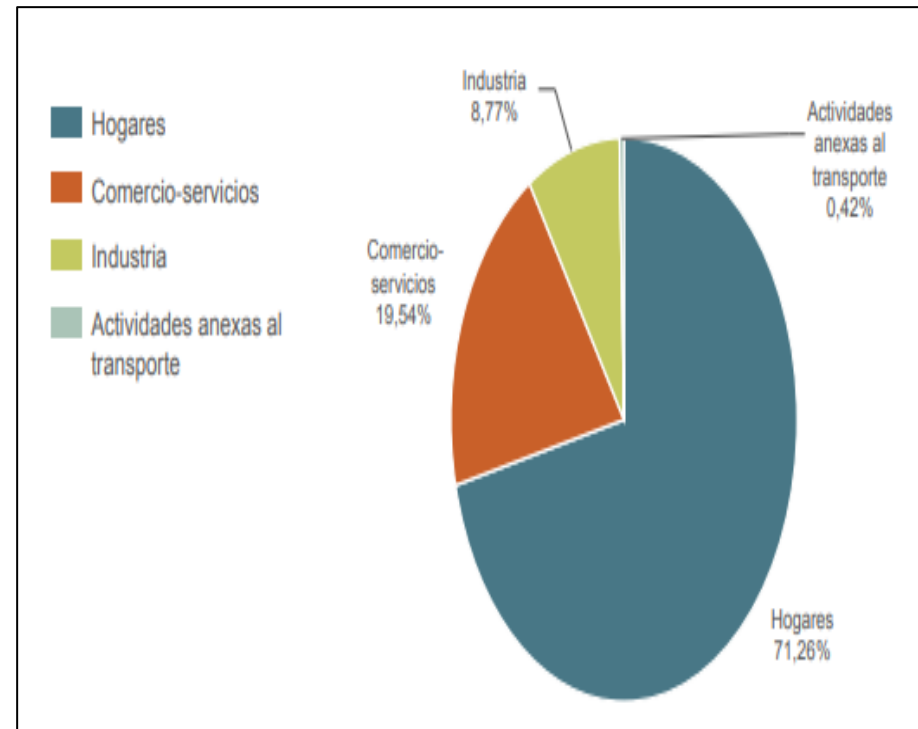
Fuente: IDAE (2014)

ANEXO 6. PARQUES DE BOMBAS DE CALOR POR ZONAS CLIMÁTICAS



Fuente: IDAE (2014)

ANEXO 7. PARQUES DE BOMBAS DE CALOR POR SECTORES



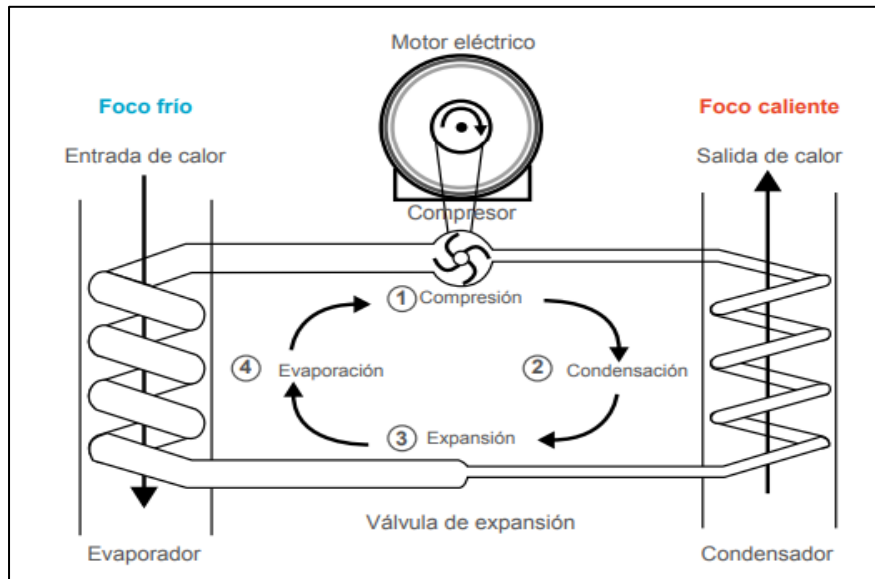
Fuente: IDAE (2014)

ANEXO 8. PARQUES Y POTENCIA DE BOMBAS DE CALOR POR
APLICACIONES Y RANGO DE POTENCIA

Rangos de potencia	Calefacción y refrigeración		Calefacción y refrigeración y ACS		Total	
	Numero	Potencia (kWt)	Numero	Potencia (kWt)	Numero	Potencia (kWt)
[1 – 2.5] kWt	1.271.621	2.385.909	0	0	1.271.621	2.385.909
[2.5 – 5] kWt	6.200.369	20.882.643	0	0	6.200.369	20.882.643
[5 – 7.5] kWt	1.847.240	10.956.892	466	3.262	1.847.706	10.960.153
[7.5 – 10] kWt	863.508	7.306.187	0	0	863.508	7.306.187
[10 – 15] kWt	720.285	8.672.727	2.485	35.032	722.770	8.707.759
[15 – 20] kWt	144.842	2.357.602	2.693	46.044	147.535	2.403.646
[20 – 30] kWt	95.307	2.366.433	2.693	65.135	98.000	2.431.568
[30 – 50] kWt	97.359	3.487.609	0	0	97.359	3.487.609
[50 – 75] kWt	31.418	1.991.035	0	0	31.418	1.991.035
[75 – 100] kWt	17.926	1.396.608	674	57.955	18.601	1.454.562
[100 – 400] kWt	47.057	10.426.087	0	0	47.057	10.426.087
>= 400 kWt	3.782	5.236.076	0	0	3.782	5.236.076
Total	11.340.714	77.465.808	9.010	207.427	11.349.724	77.673.235
%	99,9 %	99,7 %	0,1 %	0,3 %	100,0 %	100,0 %

Fuente: IDAE (2014)

ANEXO 9. BOMBA DE CALOR DE COMPRESIÓN MECÁNICA
ACCIONADA CON MOTOR ELÉCTRICO



Fuente: García et al. (2014)

ANEXO 10. MATRIZ DE CONSISTENCIA

“APLICACIÓN DE LAS LEYES TERMODINÁMICAS EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR, 2018”										
Preguntas de investigación	Objetivos	Hipótesis	Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de los indicadores	Metodología	
General	General	General								
¿Cómo la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el rendimiento de una bomba de calor?	Determinar de qué manera la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el rendimiento de una bomba de calor.	La aplicación de las leyes termodinámicas si mejorará el rendimiento de una bomba de calor.	LEYES TERMODINÁMICAS	Según Çengel y Boles (2015) menciona “la primera ley de la termodinámica es simplemente una expresión del principio de conservación de la energía, y sostiene que la energía es una propiedad termodinámica. La segunda ley de la termodinámica afirma que la energía tiene calidad así como cantidad, y los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de la energía” (p.2).	Para mejorar el rendimiento, se deben cumplir favorablemente los siguientes factores necesarios como: la primera ley de la termodinámica, a través de la conservación de la energía (calor y trabajo). La segunda ley de la termodinámica basada en la calidad (eficiencia isentrópica) así como cantidad (entropía).	La primera ley de la termodinámica Humedad relativa	Calor	Razón	TIPO DE ESTUDIO: Estudio explicativo DISEÑO METODOLÓGICO: Experimental NIVEL Cuasi experimental POBLACIÓN: La población de estudio serán los datos obtenidos de las pruebas del prototipo con ciclos separados, mediante la aplicación de las leyes termodinámicas. MUESTRA: No probabilística, representa lo mismo que la población.	
								Trabajo		Razón
						La segunda ley de la termodinámica Presión	Entropía	Razón		
¿Cómo la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el Coeficiente de rendimiento de una bomba de calor?	Determinar de qué manera la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará el Coeficiente de rendimiento de una bomba de calor.	La aplicación de las leyes termodinámicas si mejorará el Coeficiente de rendimiento de una bomba de calor.	RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR	Según la norma UNE- EN 14511 En aquellos casos en los que proceda, los equipos nuevos a instalar deberán contar con un coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP) igual o superior a 3,5, y un coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER) igual o superior a 3,0, en las condiciones establecidas en la norma UNE- EN 14511, siempre que los equipos estén incluidos en el campo de aplicación de dicha norma.	Para medir el rendimiento de un equipo instalado es necesario contar con un coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP) y un coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER).		COP	Razón		
¿Cómo la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará la Eficiencia energética de una bomba de calor?	Determinar de qué manera la aplicación de las leyes termodinámicas mejorará la Eficiencia energética de una bomba de calor.	La aplicación de las leyes termodinámicas si mejorará la Eficiencia energética de una bomba de calor.					Eficiencia energética	EER		Razón

ANEXO 11. PROPIEDADES DEL AIRE

TEMP °C	VOLUMEN ESPECIFICO (m ³ /kg)	DENSIDAD (kg/m ³)	ENTALPIA (kcal/kg)
-15	0.7304	1.3691	0.6722
-14	0.7332	1.3638	0.9123
-13	0.7363	1.3581	1.1523
-12	0.7391	1.353	1.3923
-11	0.7422	1.3473	1.6323
-10	0.7453	1.3416	1.8779
-9	0.748	1.3369	2.1179
-8	0.7511	1.3313	2.3579
-7	0.7538	1.3266	2.588
-6	0.7563	1.3222	2.839
-5	0.7591	1.3173	3.0835
-4	0.7619	1.3125	3.3235
-3	0.765	1.3072	3.5636
-2	0.7678	1.3024	3.8036
-1	0.7706	1.2977	4.0447
0	0.7734	1.2928	4.2992
1	0.7756	1.2893	4.5292
2	0.779	1.2837	4.7692
3	0.7822	1.2784	5.0148
4	0.785	1.2739	5.2547
5	0.7878	1.2693	5.4948
6	0.7908	1.2645	5.7404
7	0.7933	1.2605	5.9803
8	0.7961	1.2562	6.2204
9	0.7988	1.2518	6.4615
10	0.8015	1.2476	6.706
11	0.8044	1.2431	6.946
12	0.8076	1.2381	7.186
13	0.8104	1.2339	7.3983
14	0.8131	1.2297	7.6716
15	0.8159	1.2256	7.9116
16	0.8188	1.2213	8.1183
17	0.8216	1.2168	8.3972
18	0.8244	1.213	8.6372
19	0.8274	1.2086	8.8772
20	0.8302	1.2044	9.1228
21	0.8329	1.2006	9.3628
22	0.836	1.1961	9.6028
23	0.8389	1.192	9.8484
24	0.8418	1.188	10.0706

25	0.8446	1.1839	10.3284
26	0.8474	1.18	10.574
27	0.8501	1.1763	10.764
28	0.8529	1.1725	11.054
29	0.8556	1.1687	11.2996
30	0.8583	1.165	11.5396
31	0.8612	1.1611	11.7796
32	0.8645	1.1567	12.0252
33	0.8672	1.1531	12.2652
34	0.87	1.1494	12.5052
35	0.8727	1.1458	12.7564
36	0.8756	1.142	12.9908
37	0.8786	1.1382	13.2308
38	0.8816	1.1343	13.4764
39	0.8843	1.1308	13.7164
40	0.8871	1.1273	13.962
41	0.89	1.1236	14.202
42	0.8932	1.1196	14.442
43	0.8957	1.1164	14.682
44	0.8987	1.1127	14.9276
45	0.9014	1.1093	15.1676
46	0.9042	1.1059	15.4132
47	0.9073	1.1021	15.6532
48	0.91	1.0988	15.8955
49	0.9129	1.0954	16.14
50	0.9158	1.0919	16.39

Fuente: Çengel, Y. A. y Cimbala, J. “Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones”, 1ª edición, McGraw-Hill, 2006. Tabla A-9.

ANEXO 12. PROPIEDADES DEL AIRE

TEMP T °C	DENSIDAD ρ kg/m ³	CALOR ESPECIFICO C_p J/kg. K	CALOR ESPECIFICO C_p kJ/kg. K	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA k W/m. K	DIFUSIVIDAD TÉRMICA α m ² /S
-150	2.866	983	0.983	0.01171	4.158×10^{-6}
-100	2.038	966	0.966	0.01582	8.036×10^{-6}
-50	1.582	999	0.999	0.01979	1.252×10^{-5}
-40	1.514	1002	1.002	0.02057	1.356×10^{-5}
-30	1.451	1004	1.004	0.02134	1.465×10^{-5}
-20	1.394	1005	1.005	0.02211	1.578×10^{-5}
-10	1.341	1006	1.006	0.02288	1.696×10^{-5}
-5	1.3173	1006	1.006		
0	1.292	1006	1.006	0.02364	1.818×10^{-5}

1	1.2893	1006	1.006		
2	1.2837	1006	1.006		
3	1.2784	1006	1.006		
4	1.2739	1006	1.006		
5	1.2693	1006	1.006	0.02401	1.880 x 10 ⁻⁵
6	1.2645	1006	1.006		
7	1.2605	1006	1.006		
8	1.2562	1006	1.006		
9	1.2518	1006	1.006		
10	1.2476	1006	1.006	0.02439	1.944 x 10 ⁻⁵
11	1.2431	1006	1.006		
12	1.2381	1006	1.006		
13	1.2339	1006	1.006		
14	1.2297	1006	1.006		
15	1.2256	1007	1.007	0.02476	2.009 x 10 ⁻⁵
16	1.2213	1007	1.007		
17	1.2168	1007	1.007		
18	1.213	1007	1.007		
19	1.2086	1007	1.007		
20	1.2044	1007	1.007	0.02514	2.074 x 10 ⁻⁵
21	1.2006	1007	1.007		
22	1.1961	1007	1.007		
23	1.192	1007	1.007		
24	1.188	1007	1.007		
25	1.1839	1007	1.007	0.02551	2.141 x 10 ⁻⁵
26	1.18	1007	1.007		
27	1.1763	1007	1.007		
28	1.1725	1007	1.007		
29	1.1687	1007	1.007		
30	1.165	1007	1.007	0.02588	2.208 x 10 ⁻⁵
31	1.1611	1007	1.007		
32	1.1567	1007	1.007		
33	1.1531	1007	1.007		
34	1.1494	1007	1.007		
35	1.1458	1007	1.007	0.02625	2.277 x 10 ⁻⁵
36	1.142	1007	1.007		
37	1.1382	1007	1.007		
38	1.1343	1007	1.007		
39	1.1308	1007	1.007		
40	1.127	1007	1.007	0.02662	2.346 x 10 ⁻⁵
45	1.109	1007	1.007	0.02699	2.416 x 10 ⁻⁵
50	1.092	1007	1.007	0.02735	2.487 x 10 ⁻⁵
60	1.059	1007	1.007	0.02808	2.632 x 10 ⁻⁵
70	1.028	1007	1.007	0.02881	2.780 x 10 ⁻⁵
80	0.9994	1008	1.008	0.02953	2.931 x 10 ⁻⁵

90	0.9718	1008	1.008	0.03024	3.086×10^{-5}
100	0.9458	1009	1.009	0.03095	3.243×10^{-5}
120	0.8977	1011	1.011	0.03235	3.565×10^{-5}
140	0.8542	1013	1.013	0.03374	3.898×10^{-5}
160	0.8148	1016	1.016	0.03511	4.241×10^{-5}
180	0.7788	1019	1.019	0.03646	4.593×10^{-5}
200	0.7459	1023	1.023	0.03779	4.954×10^{-5}
250	0.6746	1033	1.033	0.04104	5.890×10^{-5}
300	0.6158	1044	1.044	0.04418	6.871×10^{-5}
350	0.5664	1056	1.056	0.04721	7.892×10^{-5}
400	0.5243	1069	1.069	0.05015	8.951×10^{-5}
450	0.488	1081	1.081	0.05298	1.004×10^{-4}
500	0.4565	1093	1.093	0.05572	1.117×10^{-4}
600	0.4042	1115	1.115	0.06093	1.352×10^{-4}
700	0.3627	1135	1.135	0.06581	1.598×10^{-4}
800	0.3289	1153	1.153	0.07037	1.855×10^{-4}
900	0.3008	1169	1.169	0.07465	2.122×10^{-4}
1000	0.2772	1184	1.184	0.07868	2.398×10^{-4}
1500	0.199	1234	1.234	0.09599	3.908×10^{-4}
2000	0.1553	1264	1.264	0.11113	5.664×10^{-4}

Fuente: Çengel, Y. A. y Cimbala, J. “Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones”, 1ª edición, McGraw-Hill, 2006. Tabla A-9.

ANEXO 13. Temperaturas

FECHA		Temperatura (T°)		Media	
		T°Máx	T°Mín	T°Máx	T°Mín
ENERO - ENERO - ENERO	1/01/2018	26	20	27	18
	2/01/2018	25	10	27	18
	3/01/2018	25	19	27	18
	4/01/2018	25	21	27	18
	5/01/2018	26	20	27	18
	6/01/2018	26	20	27	18
	7/01/2018	26	21	27	18
	8/01/2018	25	20	27	18
	9/01/2018	27	20	27	18
	10/01/2018	27	21	27	18
	11/01/2018	26	20	27	18
	12/01/2018	25	20	27	18
	13/01/2018	25	20	27	18
	14/01/2018	25	20	27	18
	15/01/2018	25	19	28	19

	16/01/2018	29	19	28	19
	17/01/2018	25	20	28	19
	18/01/2018	24	18	28	19
	19/01/2018	26	12	28	19
	20/01/2018	25	19	28	19
	21/01/2018	27	19	28	19
	22/01/2018	23	20	28	19
	23/01/2018	26	18	28	19
	24/01/2018	28	19	28	19
	25/01/2018	28	20	28	19
	26/01/2018	26	20	28	19
	27/01/2018	27	20	28	19
	28/01/2018	26	20	28	19
	29/01/2018	28	20	28	19
	30/01/2018	27	19	28	19
	31/01/2018	25	20	28	19
FEBRERO - FEBRERO	1/02/2018	24	20	28	19
	2/02/2018	25	20	28	19
	3/02/2018	26	21	28	19
	4/02/2018	27	21	28	19
	5/02/2018	26	21	28	19
	6/02/2018	27	2	28	19
	7/02/2018	28	20	28	19
	8/02/2018	27	20	28	19
	9/02/2018	27	20	28	19
	10/02/2018	26	21	28	19
	11/02/2018	26	20	28	19
	12/02/2018	28	22	28	19
	13/02/2018	30	22	28	19
	14/02/2018	27	21	28	19
	15/02/2018	27	22	28	19
	16/02/2018	29	22	28	19
	17/02/2018	29	21	28	19
	18/02/2018	25	21	28	19
	19/02/2018	29	21	28	19
	20/02/2018	30	20	28	19
	21/02/2018	28	20	28	19
	22/02/2018	26	12	28	19
	23/02/2018	24	19	28	19
	24/02/2018	28	19	28	19
	25/02/2018	26	19	28	19
	26/02/2018	26	19	28	19
	27/02/2018	26	20	28	19
	28/02/2018	24	19	28	19
M	1/03/2018	25	20	28	19

	2/03/2018	25	19	28	19
	3/03/2018	26	19	28	19
	4/03/2018	26	20	28	19
	5/03/2018	26	19	28	19
	6/03/2018	26	18	28	19
	7/03/2018	26	19	28	19
	8/03/2018	27	19	28	19
	9/03/2018	28	19	28	19
	10/03/2018	27	19	28	19
	11/03/2018	26	19	28	19
	12/03/2018	27	19	28	19
	13/03/2018	28	19	28	19
	14/03/2018	27	19	28	19
	15/03/2018	25	19	28	19
	16/03/2018	30	20	28	19
	17/03/2018	26	20	28	18
	18/03/2018	27	20	28	18
	19/03/2018	27	20	28	18
	20/03/2018	27	20	28	18
	21/03/2018	26	18	28	18
	22/03/2018	23	18	28	18
	23/03/2018	25	19	28	18
	24/03/2018	26	18	28	18
	25/03/2018	26	19	28	18
	26/03/2018	27	19	28	18
	27/03/2018	25	20	27	18
	28/03/2018	25	19	27	18
	29/03/2018	26	18	27	18
	30/03/2018	26	19	27	18
	31/03/2018	25	18	27	18
ABRIL - ABRIL - ABRIL	1/04/2018	27	20	27	18
	2/04/2018	26	19	27	18
	3/04/2018	26	19	27	18
	4/04/2018	25	19	27	18
	5/04/2018	26	19	27	18
	6/04/2018	27	19	27	17
	7/04/2018	23	18	27	17
	8/04/2018	25	10	27	17
	9/04/2018	27	19	27	17
	10/04/2018	25	20	27	17
	11/04/2018	26	19	27	17
	12/04/2018	22	18	27	17
	13/04/2018	20	18	27	17
	14/04/2018	26	18	27	17
	15/04/2018	26	17	27	17

	16/04/2018	24	17	26	17
	17/04/2018	26	17	26	17
	18/04/2018	26	17	26	17
	19/04/2018	24	18	26	17
	20/04/2018	24	17	26	17
	21/04/2018	23	18	26	17
	22/04/2018	28	18	26	17
	23/04/2018	26	18	26	17
	24/04/2018	26	19	26	17
	25/04/2018	26	19	26	17
	26/04/2018	26	19	25	16
	27/04/2018	24	18	25	16
	28/04/2018	25	19	25	16
	29/04/2018	23	19	25	16
	30/04/2018	23	18	25	16
MAYO - MAYO - MAYO	1/05/2018	23	17	24	16
	2/05/2018	23	17	24	16
	3/05/2018	23	17	24	16
	4/05/2018	23	17	24	16
	5/05/2018	22	16	24	16
	6/05/2018	24	16	24	16
	7/05/2018	22	17	24	16
	8/05/2018	26	18	24	16
	9/05/2018	23	18	24	16
	10/05/2018	22	17	24	16
	11/05/2018	21	17	23	16
	12/05/2018	22	17	23	16
	13/05/2018	21	17	23	16
	14/05/2018	25	16	23	16
	15/05/2018	24	16	23	16
	16/05/2018	23	17	23	16
	17/05/2018	22	16	23	15
	18/05/2018	21	16	23	15
	19/05/2018	20	16	23	15
	20/05/2018	22	16	23	15
	21/05/2018	21	15	23	15
	22/05/2018	21	16	22	15
	23/05/2018	21	17	22	15
	24/05/2018	21	17	22	15
	25/05/2018	19	17	22	15
	26/05/2018	22	18	22	15
	27/05/2018	21	16	22	15
	28/05/2018	19	15	22	15
	29/05/2018	17	16	22	15
	30/05/2018	19	16	22	15

	31/05/2018	19	16	22	15
JUNIO - JUNIO - JUNIO	1/06/2018	18	15	21	14
	2/06/2018	21	16	21	14
	3/06/2018	21	15	21	14
	4/06/2018	19	16	21	14
	5/06/2018	19	16	21	14
	6/06/2018	19	17	21	14
	7/06/2018	19	17	21	14
	8/06/2018	20	16	21	14
	9/06/2018	19	16	21	14
	10/06/2018	19	17	21	14
	11/06/2018	18	16	20	14
	12/06/2018	18	16	20	14
	13/06/2018	19	16	20	14
	14/06/2018	18	16	20	14
	15/06/2018	18	15	20	14
	16/06/2018	18	15	19	14
	17/06/2018	17	16	19	14
	18/06/2018	18	15	19	14
	19/06/2018	18	15	19	14
	20/06/2018	18	15	19	14
	21/06/2018	20	16	19	14
	22/06/2018	19	15	19	14
	23/06/2018	19	16	19	14
	24/06/2018	19	16	19	14
	25/06/2018	20	16	19	14
	26/06/2018	18	16	19	14
	27/06/2018	19	16	19	14
	28/06/2018	19	16	19	14
	29/06/2018	18	16	19	14
	30/06/2018	20	16	19	14

Fuente: AccuWeather, 2018

ANEXO 14. PRE-PRUEBA BALANCE DE ENERGÍA

PRE PRUEBA BC	N° PRUEBAS	TH	TL	TH	TL	ENTRADA					SALIDA					%	% perdida
						Trabajo kJ/s	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	ENTALPÍA kJ/kg	TOTAL	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	CALOR kJ/s	ENTALPÍA kJ/kg	TOTAL		
FRIO	1	30	21	303	294	1.35	1.01	0.10	48.28	6.35	1.01	0.11	0.97	39.17	5.15	81%	19%
	2	30	20	303	293	1.35	1.01	0.10	48.28	6.35	1.01	0.11	1.08	38.17	5.16	81%	19%
	3	30	19	303	292	1.35	1.01	0.10	48.28	6.35	1.01	0.11	1.19	37.14	5.18	82%	18%
	4	30	18	303	291	1.35	1.01	0.10	48.28	6.35	1.01	0.11	1.30	36.14	5.20	82%	18%
	5	30	17	303	290	1.35	1.01	0.10	48.28	6.35	1.01	0.11	1.42	35.13	5.22	82%	18%
	6	30	16	303	289	1.35	1.01	0.10	48.28	6.35	1.01	0.11	1.53	33.97	5.22	82%	18%
2.88																	
CALOR	N° PRUEBAS	TH	TL	TH	TL	ENTRADA					SALIDA					%	% ganancia
						Trabajo kJ/s	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	ENTALPÍA kJ/kg	TOTAL	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	CALOR kJ/s	ENTALPÍA kJ/kg	TOTAL		
	1	15	24	288	297	1.26	1.01	0.11	33.10	4.86	1.01	0.11	0.96	42.14	5.41	111%	11%
	2	15	25	288	298	1.26	1.01	0.11	33.10	4.86	1.01	0.11	1.06	43.21	5.61	115%	15%
	3	15	26	288	299	1.26	1.01	0.11	33.10	4.86	1.01	0.10	1.16	44.24	5.80	119%	19%
	4	15	27	288	300	1.26	1.01	0.11	33.10	4.86	1.01	0.10	1.26	45.04	5.97	123%	23%
	5	15	28	288	301	1.26	1.01	0.11	33.10	4.86	1.01	0.10	1.36	46.25	6.18	127%	27%
6	15	27	288	300	1.26	1.01	0.11	33.10	4.86	1.01	0.10	1.26	45.04	5.97	123%	23%	

Fuente: elaboración propia

ANEXO 15. POST PRUEBA BALANCE DE ENERGÍA

POST PRUEBA PROTOTIPO	N° PRUEBAS	TH	TL	TH	TL	ENTRADA					SALIDA					%	% perdida
						Trabajo kJ/s	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	ENTALPÍA kJ/kg	TOTAL	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	CALOR kJ/s	ENTALPÍA kJ/kg	TOTAL		
FRIO	1	30	18	303	291	0.19	1.01	0.05	48.28	2.71	1.01	0.05	0.66	36.14	2.62	97%	3%
	2	30	17	303	290	0.19	1.01	0.05	48.28	2.71	1.01	0.05	0.71	35.13	2.63	97%	3%
	3	30	16	303	289	0.19	1.01	0.05	48.28	2.71	1.01	0.05	0.77	33.97	2.63	97%	3%
	4	30	15	303	288	0.19	1.01	0.05	48.28	2.71	1.01	0.05	0.83	33.10	2.65	98%	2%
	5	30	14	303	287	0.19	1.01	0.05	48.28	2.71	1.01	0.06	0.89	32.10	2.66	98%	2%
	6	30	13	303	286	0.19	1.01	0.05	48.28	2.71	1.01	0.06	0.95	30.95	2.66	98%	2%
CALOR	1	15	25	288	298	0.40	1.01	0.05	33.10	2.22	1.01	0.05	0.53	43.21	2.83	127%	27%
	2	15	27	288	300	0.40	1.01	0.05	33.10	2.22	1.01	0.05	0.64	45.04	3.01	136%	36%
	3	15	30	288	303	0.40	1.01	0.05	33.10	2.22	1.01	0.05	0.79	48.28	3.31	149%	49%
	4	15	35	288	308	0.40	1.01	0.05	33.10	2.22	1.01	0.05	1.03	53.37	3.78	170%	70%
	5	15	38	288	311	0.40	1.01	0.05	33.10	2.22	1.01	0.05	1.18	56.39	4.05	182%	82%
	6	15	40	288	313	0.40	1.01	0.05	33.10	2.22	1.01	0.05	1.27	58.42	4.22	190%	90%

Fuente: elaboración propia

ANEXO 16. PRE PRUEBA DE BALANCE DE MASA

	N° PRUEBAS	ENTRADA				SALIDA				%	% ganancia	
		T° (input)	densidad (calor)kg/m3	Caudal (m3/s)	TOTAL	T° (output)	D(calor) kg/m3	Caudal (m3/s)	TOTAL			
PRE PRUEBA BC	FRIO	1	35	1.146	0.089	0.102	21	1.201	0.089	0.107	105%	5%
		2	35	1.146	0.089	0.102	20	1.204	0.089	0.107	105%	5%
		3	35	1.146	0.089	0.102	19	1.209	0.089	0.107	105%	5%
		4	35	1.146	0.089	0.102	18	1.213	0.089	0.108	106%	6%
		5	35	1.146	0.089	0.102	17	1.217	0.089	0.108	106%	6%
		6	35	1.146	0.089	0.102	16	1.221	0.089	0.109	107%	7%
PRE PRUEBA BC	CALOR	1	15	1.226	0.089	0.109	22	1.196	0.089	0.106	98%	-2%
		2	15	1.226	0.089	0.109	23	1.192	0.089	0.106	97%	-3%
		3	15	1.226	0.089	0.109	24	1.188	0.089	0.106	97%	-3%
		4	15	1.226	0.089	0.109	25	1.184	0.089	0.105	97%	-3%
		5	15	1.226	0.089	0.109	26	1.180	0.089	0.105	96%	-4%
		6	15	1.226	0.089	0.109	27	1.176	0.089	0.105	96%	-4%

Fuente: elaboración propia

ANEXO 17. POST PRUEBA BALANCE DE MASA

	N° PRUEBAS	ENTRADA				SALIDA				%	% ganancia	
		T° (input)	densidad (calor)kg/m3	Caudal (m3/s)	TOTAL	T° (output)	D(calor) kg/m3	Caudal (m3/s)	TOTAL			
POST PRUEBA PROTOTIPO	FRIO	1	35	1.146	0.045	0.051	18	1.213	0.045	0.054	106%	6%
		2	35	1.146	0.045	0.051	17	1.217	0.045	0.055	106%	6%
		3	35	1.146	0.045	0.051	16	1.221	0.045	0.055	107%	7%
		4	35	1.146	0.045	0.051	15	1.226	0.045	0.055	107%	7%
		5	35	1.146	0.045	0.051	14	1.230	0.045	0.055	107%	7%
		6	35	1.146	0.045	0.051	13	1.234	0.045	0.055	108%	8%
										108%	-8%	
	N° PRUEBAS	ENTRADA				SALIDA				%	% perdida	
	T° (input)	densidad (calor)kg/m3	Caudal (m3/s)	TOTAL	T° (output)	D(calor) kg/m3	Caudal (m3/s)	TOTAL				
POST PRUEBA PROTOTIPO	CALOR	1	15	1.226	0.045	0.055	25	1.184	0.045	0.053	97%	-3%
		2	15	1.226	0.045	0.055	27	1.176	0.045	0.053	96%	-4%
		3	15	1.226	0.045	0.055	38	1.134	0.045	0.051	93%	-7%
		4	15	1.226	0.045	0.055	30	1.165	0.045	0.052	95%	-5%
		5	15	1.226	0.045	0.055	35	1.146	0.045	0.051	93%	-7%
		6	15	1.226	0.045	0.055	40	1.127	0.045	0.051	92%	-8%

Fuente: elaboración propia

ANEXO 18. PRE PRUEBA ENTROPIA

PRE PRUEBA BC	PRUEBA	TH	TL	ENTRADA				SALIDA				%	% ganancia
				Calor kJ/s	Flujo másico kg/s	Entropía kJ/kg	TOTAL	Calor kJ/s	Flujo másico kg/s	Entropía kJ/kg	TOTAL		
				FRIO REF									
	1	35	16	1.9487	0.1018	0.0063	0.0076	2.0771	0.1086	0.0072	0.0087	115%	15%
	2	35	17	1.8461	0.1018	0.0060	0.0072	1.9605	0.1082	0.0068	0.0082	114%	14%
	3	35	18	1.7436	0.1018	0.0057	0.0068	1.8458	0.1078	0.0063	0.0077	113%	13%
	4	35	19	1.6410	0.1018	0.0053	0.0064	1.7309	0.1074	0.0059	0.0072	112%	12%
	5	35	20	1.5384	0.1018	0.0050	0.0060	1.6171	0.1071	0.0055	0.0067	111%	11%
	6	35	21	1.4359	0.1018	0.0047	0.0056	1.5045	0.1067	0.0051	0.0062	111%	11%
PRE PRUEBA BC	PRUEBA	TH	TL	ENTRADA				SALIDA				%	% perdida
				Calor kJ/s	Flujo másico kg/s	Entropía kJ/kg	TOTAL	Calor kJ/s	Flujo másico kg/s	Entropía kJ/kg	TOTAL		
				CALOR BC									
	1	27	13	1.5447	0.1097	0.0054	0.0066	1.4741	0.1046	0.0049	0.0059	90%	10%
	2	26	13	1.4344	0.1097	0.0050	0.0061	1.3731	0.1049	0.0046	0.0056	91%	9%
	3	25	13	1.3241	0.1097	0.0046	0.0056	1.2717	0.1052	0.0043	0.0052	92%	8%
	4	24	13	1.2137	0.1097	0.0042	0.0052	1.1697	0.1056	0.0039	0.0048	92%	8%
	5	23	13	1.1034	0.1097	0.0039	0.0047	1.0670	0.1060	0.0036	0.0044	93%	7%
	6	22	13	0.9930	0.1097	0.0035	0.0042	0.9636	0.1063	0.0033	0.0040	94%	6%

Fuente: elaboración propia

ANEXO 19. POST PRUEBA ENTROPÍA

POST PRUEBA PROTOTIPO	FRIO REF	MES	TH	TL	ENTRADA				SALIDA				%	% Ganancia
					Calor kJ/s	Flujo másico	Entropía	TOTAL	Calor kJ/s	Flujo másico	Entropía	TOTAL		
					ql	kg/s	kJ/kg		qh	kg/s	kJ/kg			
		enero	35	13	1.138	0.051	0.004	0.004	1.224	0.055	0.004	0.005	117%	17%
		febrero	35	14	1.086	0.051	0.004	0.004	1.165	0.055	0.004	0.005	116%	16%
		marzo	35	15	1.035	0.051	0.003	0.004	1.107	0.055	0.004	0.004	115%	15%
		abril	35	16	0.983	0.051	0.003	0.004	1.048	0.055	0.004	0.004	114%	14%
		mayo	35	17	0.931	0.051	0.003	0.003	0.989	0.055	0.003	0.004	113%	13%
		junio	35	18	0.879	0.051	0.003	0.003	0.931	0.054	0.003	0.004	113%	13%
POST PRUEBA PROTOTIPO	CALOR BC	MES	TH	TL	ENTRADA				SALIDA				%	% perdida
					Calor kJ/s	Flujo másico	Entropía	TOTAL	Calor kJ/s	Flujo másico	Entropía	TOTAL		
						kg/s	kJ/kg			kg/s	kJ/kg			
		enero	40	13	1.503	0.055	0.005	0.005	1.374	0.051	0.005	0.005	98%	2%
		febrero	39	13	1.447	0.055	0.005	0.005	1.327	0.051	0.005	0.005	98%	2%
		marzo	38	13	1.391	0.055	0.005	0.005	1.280	0.051	0.004	0.005	98%	2%
		abril	37	13	1.336	0.055	0.005	0.005	1.233	0.051	0.004	0.005	98%	2%
		mayo	36	13	1.280	0.055	0.004	0.005	1.186	0.051	0.004	0.005	99%	1%
		junio	35	13	1.224	0.055	0.004	0.004	1.138	0.051	0.004	0.004	99%	1%

Fuente: elaboración propia

ANEXO 20. PRE PRUEBA EFICIENCIA ISENTRÓPICA

PRE PRUEBA BC	FRIO REF	N° PRUEBAS	TH	TL	Qh kJ/s	QL kJ/s	TRABAJO TEORICO	TRABAJO REAL	TOTAL	% perdida
		1	29	15	4.86	3.51	1.35	0.413	31%	-69%
		2	30	15	4.66	3.31	1.35	0.390	29%	-71%
		3	30	15	4.47	3.12	1.35	0.367	27%	-73%
		4	28	15	4.28	2.93	1.35	0.344	25%	-75%
		5	26	15	4.08	2.73	1.35	0.322	24%	-76%
		6	21	15	3.89	2.54	1.35	0.299	22%	-78%
PRE PRUEBA BC	CALOR BC	N° PRUEBAS	TH	TL	Qh kJ/s	QL kJ/s	TRABAJO TEORICO	TRABAJO REAL	TOTAL	% perdida
		1	28	10	3.50	2.25	1.255	0.686	55%	-45%
		2	28	10	3.26	2.01	1.255	0.639	51%	-49%
		3	28	18	3.02	1.76	1.255	0.592	47%	-53%
		4	28	10	2.78	1.52	1.255	0.545	43%	-57%
		5	28	15	2.53	1.28	1.255	0.497	40%	-60%
		6	28	15	2.29	1.03	1.255	0.449	36%	-64%

Fuente: elaboración propia

ANEXO 21. POST PRUEBA EFICIENCIA ISENTRÓPICA

POST PRUEBA PROTOTIPO	FRIO REF	N° PRUEBAS	TH	TL	Qh kJ/s	QL kJ/s	TRABAJO TEORICO	TRABAJO REAL	TOTAL	% perdida
		1	308	286	1.329	1.138	0.191	0.144	75%	-25%
		2	308	287	1.277	1.086	0.191	0.137	72%	-28%
		3	308	288	1.226	1.035	0.191	0.130	68%	-32%
		4	308	289	1.174	0.983	0.191	0.123	65%	-35%
		5	308	290	1.122	0.931	0.191	0.116	61%	-39%
		6	308	291	1.070	0.879	0.191	0.110	57%	-43%
CALOR BC	N° PRUEBAS	TH	TL	Qh kJ/s	QL kJ/s	TRABAJO TEORICO	TRABAJO REAL	TOTAL	% perdida	
	1	313	288	1.383	0.983	0.400	0.249	62%	-38%	
	2	312	288	1.328	0.928	0.400	0.240	60%	-40%	
	3	311	288	1.273	0.873	0.400	0.231	58%	-42%	
	4	310	288	1.217	0.817	0.400	0.222	55%	-45%	
	5	309	288	1.162	0.762	0.400	0.212	53%	-47%	
	6	308	288	1.107	0.707	0.400	0.203	51%	-49%	

Fuente: elaboración propia

ANEXO 22. PRE-PRUEBA COP

CALOR BC	N° PRUEBAS	TH ambt	TL MAQUINA	Qh kJ/s	QL kJ/s	TRABAJO TEORICO	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	CALOR kJ/s	COP	% COP
	1	300	288	3.5	2.2	1.26	1.01	0.10	1.3	2.79	55%
	2	299	288	3.3	2.0	1.26	1.01	0.10	1.2	2.60	51%
	3	298	288	3.0	1.8	1.26	1.01	0.11	1.1	2.41	47%
	4	297	288	2.8	1.5	1.26	1.01	0.11	1.0	2.21	43%
	5	296	288	2.5	1.3	1.26	1.01	0.11	0.9	2.02	40%
	6	295	288	2.3	1.0	1.3	1.01	0.11	0.7	1.82	36%

Fuente: elaboración propia

ANEXO 23. POST-PRUEBA COP

CALOR BC	N° PRUEBAS	TH ambt	TL MAQUINA	Qh kJ/s	QL kJ/s	TRABAJO NETO	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	QH CALOR kJ/s	COP	% COP
	1	313	288	1.3	0.9	0.4	1.0	0.1	1.3	3.18	62%
	2	312	288	1.2	0.8	0.4	1.0	0.1	1.2	3.06	60%
	3	311	288	1.2	0.8	0.4	1.0	0.1	1.2	2.94	58%
	4	310	288	1.1	0.7	0.4	1.0	0.1	1.1	2.83	55%
	5	309	288	1.1	0.7	0.4	1.0	0.1	1.1	2.71	53%
	6	308	288	1.0	0.6	0.4	1.0	0.1	1.0	2.59	51%

Fuente: elaboración propia

ANEXO 24. PRE-PRUEBA EER

FRIO REF	N° PRUEBAS	TH	TL	Qh kJ/s	QL kJ/s	TRABAJO NETO	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	CALOR kJ/s	EER	% EER
	1	308	289	4.86	3.51	1.35	1.01	0.11	2.1	2.60	31%
	2	308	290	4.66	3.31	1.35	1.01	0.11	2.0	2.45	29%
	3	308	291	4.47	3.12	1.35	1.01	0.11	1.8	2.31	27%
	4	308	292	4.28	2.93	1.35	1.01	0.11	1.7	2.17	25%
	5	308	293	4.08	2.73	1.35	1.01	0.11	1.6	2.02	24%
	6	308	294	3.89	2.54	1.35	1.01	0.11	1.5	1.88	22%

Fuente: elaboración propia

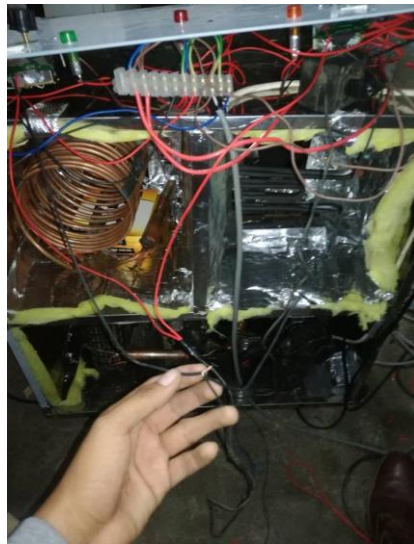
ANEXO 25. POST-PRUEBA EER

FRIO REF	N° PRUEBAS	TH ambt	TL MAQUINA	Qh kJ/s	QL kJ/s	TRABAJO NETO	Calor especifico kJ/kg.K	Flujo másico kg/s	QL CALOR kJ/s	EER	% EER
	1	308	286	1.42	1.22	0.19	1.01	0.06	1.22	6.41	75%
	2	308	287	1.36	1.16	0.19	1.01	0.06	1.16	6.10	72%
	3	308	288	1.30	1.11	0.19	1.01	0.05	1.11	5.79	68%
	4	308	289	1.24	1.05	0.19	1.01	0.05	1.05	5.48	65%
	5	308	290	1.18	0.99	0.19	1.01	0.05	0.99	5.18	61%
	6	308	291	1.12	0.93	0.19	1.01	0.05	0.93	4.87	57%

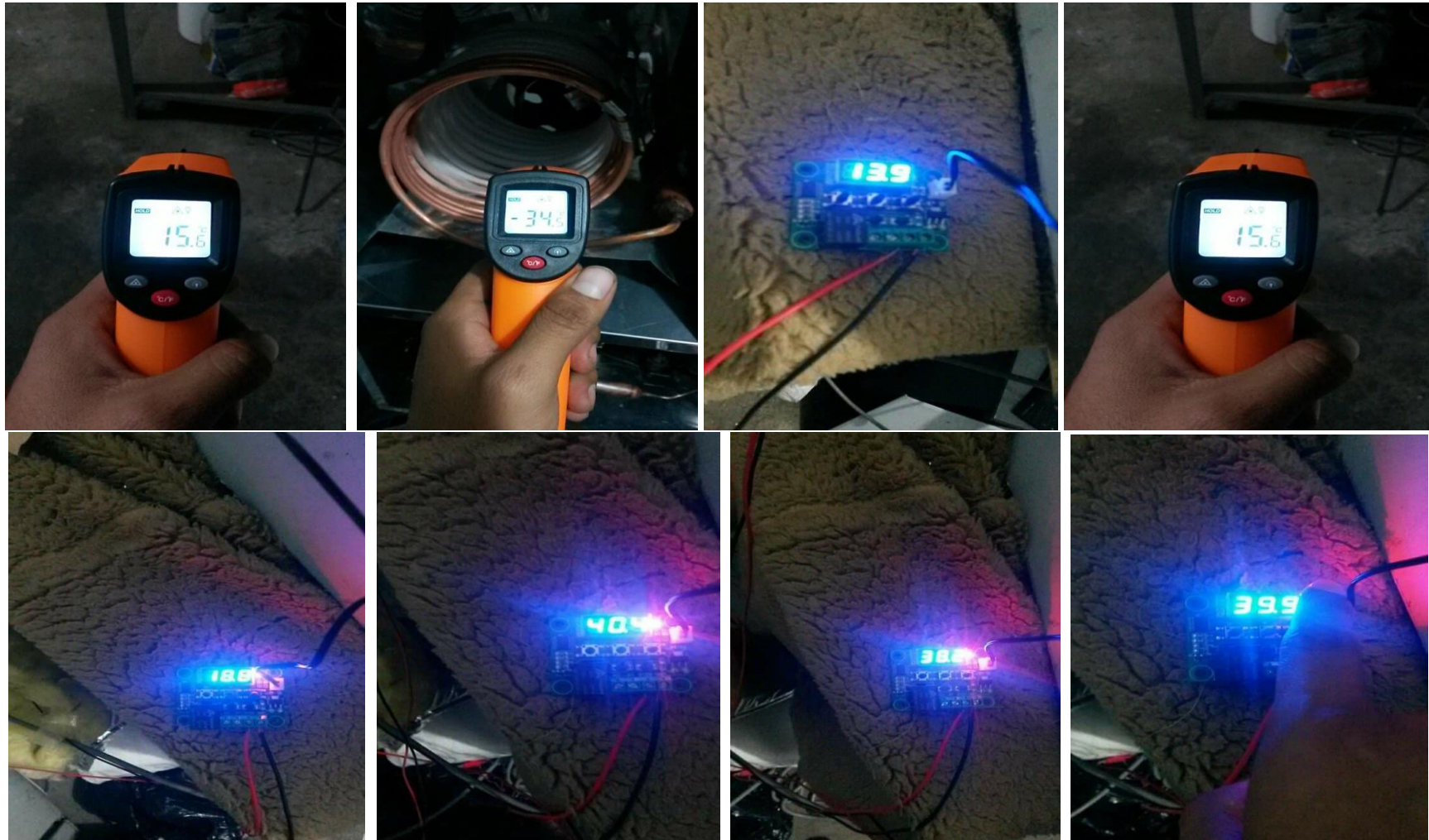
Fuente: elaboración propia

ANEXO 26. FOTOS DE PROCEDIMIENTO

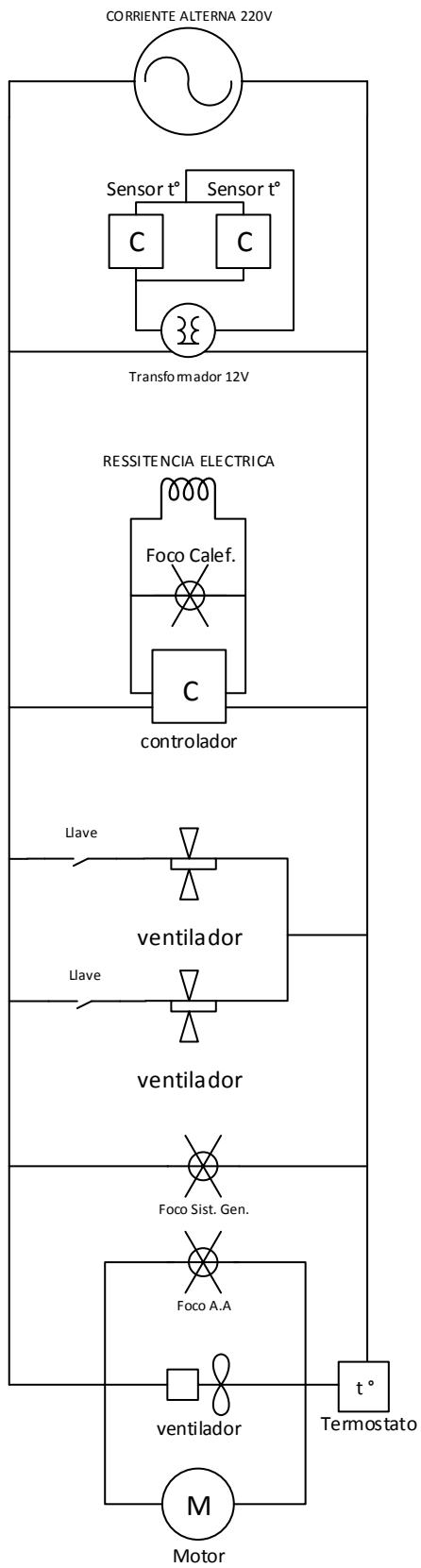




ANEXO 27. FOTOS DE PRUEBAS



ANEXO 28 DIAGRAMA ELECTRICO



ANEXO 29 ANALISIS DE COSTOS DEL PROTOTIPO

Descripción	Costo (S/.)
Regulador de voltaje	S/40.00
Ventiladores	S/60.00
Plancha acero inoxidable	S/100.00
Mod w1209	S/24.00
Tubo capilar 036	S/7.00
Tubo acumulador	S/9.00
Tubo de cobre ¼	S/33.30
Filtro deshidratador	S/3.00
Fibra de vidrio	S/30.00
Broca para metal	S/3.50
Broca para metal	S/3.00
Broca para metal	S/2.40
Bisagras	S/4.50
Cable 220V	S/4.00
Llave para taladro	S/5.00
1 doc. Pernos	S/2.00
Motor	S/120.00
Ventilador de motor	S/30.00
Condensador	S/25.00
Gas R134 A 1Kg	S/30.00
Cable calibre 12	S/9.00
Resistencia 400w	S/20.00
Disco de corte	S/5.00
Tijera para metal	S/20.00
Lijas para fierro	S/5.00
Juegos de luces	S/4.00
Juegos de botones	S/3.90
Cinta de aluminio	S/20.00
Juego de pernos y tuerca	S/3.00
Termómetro laser digital	S/85.00
Otros	S/300.00
TOTAL	S/1,010.60

**DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS**

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr. Contreras Rivera Robert

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes de la EAP de Ingeniería industrial de la UCV, en la sede Lima Este, requerimos validar el instrumento con el cual recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación.

El título de la Investigación es:

“APLICACIÓN DE LAS LEYES TERMODINÁMICAS EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR, 2018” y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted a fin de validar el instrumento que utilizaremos.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma
Aguilar Salinas Lizeth Victoria

D.N.I: 46460701



Firma
Mamani Jayo Ronald Alexander

D.N.I: 47857391

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Dr. Muñoz Ledesma Sabino

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiantes de la EAP de Ingeniería industrial de la UCV, en la sede Lima Este, requerimos validar el instrumento con el cual recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación.

El título de la Investigación es:

“APLICACIÓN DE LAS LEYES TERMODINÁMICAS EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR, 2018” y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted a fin de validar el instrumento que utilizaremos.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma
Aguilar Salinas Lizeth Victoria

D.N.I: 46460701



Firma
Mamani Jayo Ronald Alexander

D.N.I: 47857391

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Mgtr. Conde Rosas Roberto

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestro saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiantes de la EAP de Ingeniería industrial de la UCV, en la sede Lima Este, requerimos validar el instrumento con el cual recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación.

El título de la Investigación es:

“APLICACIÓN DE LAS LEYES TERMODINÁMICAS EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR, 2018” y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted a fin de validar el instrumento que utilizaremos.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Firma
Aguilar Salinas Lizeth Victoria

D.N.I: 46460701



Firma
Mamani Jayo Ronald Alexander

D.N.I: 47857391

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variable: Leyes termodinámicas

Según Çengel y Boles (2015) menciona “la primera ley de la termodinámica es simplemente una expresión del principio de conservación de la energía, y sostiene que la energía es una propiedad termodinámica. La segunda ley de la termodinámica afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad, y los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de la energía” (p.2).

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1

Primera ley de la termodinámica:

Según Roldan, J. H. (2014) contempla:

“el principio de conservación de la masa se expresa como: “la transferencia de masa hacia o desde un sistema durante un proceso es igual al cambio neto (incremento o decremento) en la masa total del sistema durante el proceso.” [...] El principio de conservación de energía se expresa como: “El cambio neto (incremento o disminución) en la energía total del sistema durante un proceso es igual a la diferencia entre la energía que entra y la energía que sale del sistema”. (pp. 158-159)

Dimensión 2

Segunda ley de la termodinámica

Según Jiménez, Gutiérrez y Barbosa (2014) sostiene:

“establece la diferencia en calidad entre las diferentes formas de energía y explica por qué algunos procesos pueden ocurrir de manera espontánea mientras que otros no lo consiguen. [...] en un proceso irreversible el cambio de entropía siempre es mayor que un proceso reversible para los mismos δQ y T .

Las eficiencias isentrópicas involucran la comparación entre el desempeño real de un equipo y el desempeño que lograría el mismo en circunstancias idealizadas para las mismas condiciones de entrada y la misma presión de salida del dispositivo” (p. 121).

DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES Y DIMENSIONES

Variable: Rendimiento de una Bomba de Calor

Según la norma UNE- EN 14511

En aquellos casos en los que proceda, los equipos nuevos a instalar deberán contar con un coeficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP) igual o superior a 3,5, y un coeficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER) igual o superior a 3,0, en las condiciones establecidas en la norma.

Dimensiones de las variables:

Dimensión 1

Coficiente de eficiencia energética en modo calefacción (COP):

Según la RITCH (2007) en su reglamento menciona:

“En la modalidad de calefacción: COP (acrónimo del inglés “Coefficient of Performance”) relación entre la capacidad calorífica y la potencia absorbida por la unidad” (p10).

Dimensión 2

Coficiente de eficiencia energética en modo refrigeración (EER):

Según la RITCH (2007) en su reglamento manifiesta:

“En la modalidad de enfriamiento: EER (acrónimo del inglés “Energy Efficiency Ratio”) relación entre la capacidad frigorífica y la potencia efectivamente absorbida por la unidad” (p. 10).

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR

N°	DIMENSIONES / Items	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
1	COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MODO CALEFACCIÓN (COP) $Q_h = m \cdot c_p \cdot \Delta T \left(\frac{BTU}{h} \right)$ Donde: Q = Flujo de calor m = Flujo másico c _p = calor específico del aire ΔT = Variación de la temperatura W _{eléctrico} = VI (W)	✓		✓		✓		
2	POTENCIA ABSORBIDA = Donde: W = Trabajo V = Voltaje I = Intensidad	✓		✓		✓		
3	COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MODO REFRIGERACIÓN (EER): $Q_c = UA \Delta T \left(\frac{BTU}{h} \right)$ Donde: Q = Flujo de calor U = energía interna A = área m ² ΔT = Variación de la temperatura W _{interna} = Q _H - Q _C (W)	✓		✓		✓		
4	POTENCIA EFECTIVA ABSORBIDA = Donde: W = Trabajo Q _H = Transferencia más alta de calor Q _C = Transferencia más baja de calor	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: COND. ROSAS ROZAS DNI: 09447944

Especialidad del validador: Magister en Operaciones y Logística
 03 de Julio del 2018

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LAS LEYES TERMODINÁMICAS

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA CONSERVACIÓN DE ENERGÍA = $Q + m_e h_e = W + m_s h_s$ $E_{entra} = E_{sale}$ <p>Donde: Q = Flujo de calor m = Flujo masico de entrada/salida h_{e-s} = Entalpia de entrada/salida W = Trabajo</p>							
2	CONSERVACIÓN DE LA MASA = $\sum_{entra} \rho \cdot v \cdot A = \sum_{sale} \rho \cdot v \cdot A$ <p>Donde: m_{entra} = m_{sale} ρ = densidad v = velocidad del aire A = area</p>							
3	LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA ENTROPIA = $\sum m_e s_e + \frac{Q}{T} + \sum m_s s_s - \sum m_e s_e - \sum m_s s_s - \sum \frac{Q}{T} = \sum m_s s_s$ $S_{entra} + S_{generada} = S_{sale}$ <p>Donde: m_{e-s} = Flujo masico de entrada/salida Q = Flujo de calor S_{e-s} = Entropia de entrada/salida T = Temperatura W_r = Trabajo real</p>							
4	EFICIENCIA ISENTRÓPICA = $\eta_r = \frac{W_r}{W_a} \times 100$ <p>Donde: η_r = Eficiencia isentrópica W_r = Trabajo isentrópica W_a = Trabajo real</p>							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X] No aplicable [] Aplicable después de corregir []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: CONDE ROSAS ROBSNTO DNI: 0944 7944

Especialidad del validador: Magister en Operaciones y Logística de 03 de del 201

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Finna del Experto Informante. 

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		SI	No	SI	No	SI	No	
1	COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MODO CALEFACCIÓN (COP) CAPACIDAD CALORÍFICA = $\dot{Q}_h = \eta_{COP} \Delta T \left(\frac{BTU}{h} \right)$ Donde: \dot{Q} = Flujo de calor η = Flujo másico C_p = capacidad calorífica del aire ΔT = Variación de la temperatura $W_{teórica} = VI (W)$	✓		✓		✓		
2	POTENCIA ABSORBIDA = $W = Trabajo$ $V = Voltaje$ $I = Intensidad$							
3	COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MODO REFRIGERACIÓN (EER): CAPACIDAD FRIGORÍFICA = $\dot{Q}_l = U A \Delta T \left(\frac{BTU}{h} \right)$ Donde: \dot{Q} = Flujo de calor U = energía interna A = área m ² ΔT = Variación de la temperatura $W_{reconstruida} = Q_h - Q_l (W)$	✓		✓		✓		
4	POTENCIA EFECTIVA ABSORBIDA = $Q_H = Transferencia \text{ más alta de calor}$ $Q_L = Transferencia \text{ más baja de calor}$							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable , No aplicable , Aplicable después de corregir

Apellidos y nombres del juez validador: Dr. Mg. CONTRERAS RIVERA, ROCCO · DNI: 0961475

Especialidad del validador: ING. INDUSTRIAL

Dr. de Ingeniería del 2015

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante:
CONTRERAS, RIVERA, ROCCO
 C.I.P. 1591865

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LAS LEYES TERMODINÁMICAS


N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<p>LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA</p> <p>CONSERVACIÓN DE ENERGÍA =</p> <p>Donde: $Q =$ Flujo de calor $m_{entra} =$ Entalpía de entrada/salida $W =$ Trabajo $\sum_{entra} \rho \cdot v \cdot A = \sum_{sale} \rho \cdot v \cdot A$ Donde: $\rho =$ densidad $v =$ velocidad del aire $A =$ area</p>	✓		✓		✓		
2	<p>CONSERVACIÓN DE LA MASA =</p> <p>Donde: $m_{entra} =$ masa $m_{sale} =$ masa</p>							
3	<p>LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA</p> <p>ENTROPÍA =</p> <p>Donde: $\dot{Q} =$ Flujo de calor $S_{entra} =$ Entropía de entrada/salida $T =$ Temperatura $\eta_c = \frac{W_c}{W_n} \times 100$ Donde: $W_c =$ Potencia isentrópica $W_n =$ Potencia isentrópica $W_r =$ Trabajo real</p>	✓		✓		✓		
4	<p>EFICIENCIA ISENTRÓPICA =</p>							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable No aplicable Aplicable después de corregir No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador: COMARCELES RIVEROS ROSAERT DNI: 0996 1475

Especialidad del validador: INGENIERIA EN SISTEMAS DE ENERGIA

.....de.....del 201...

 Firma del Experto Informante.
CONTRERAS RIVEROS ROSAERT
CIP 159 865

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MODO CALEFACCIÓN (COP) Donde: $Q_h = mc_p \Delta T$ ($\frac{BTU}{h}$) Q_h = Flujo de calor m = Flujo másico c_p = calor específico del aire ΔT = Variación de la temperatura $W_{eléctrica} = VI$ (W) Donde: V = voltaje I = intensidad	/		/		/		
1	CAPACIDAD CALORÍFICA =			/		/		
2	POTENCIA ABSORBIDA =							
	COEFICIENTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN MODO REFRIGERACIÓN (EER): Donde: $Q_c = U A \Delta T$ ($\frac{BTU}{h}$) Q_c = Flujo de calor U = energía interna A = área m ² ΔT = Variación de la temperatura $W_{eléctrica} = Q_H - Q_C$ (W) Donde: W = trabajo Q_H = Transferencia más alta de calor Q_C = Transferencia más baja de calor	/		/		/		
3	CAPACIDAD FRIGORÍFICA =			/		/		
4	POTENCIA EFECTIVA ABSORBIDA =							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: Aplicable No aplicable

Aplicable después de corregir

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. / Mg: Agustín L. Adriano DNI: 07722022

Especialidad del validador: _____

..... de del 2018.



Firma del Experto Informante.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LAS LEYES TERMODINÁMICAS

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<p>LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA</p> <p>CONSERVACIÓN DE ENERGÍA =</p> <p>Donde: Q = Flujo de calor h_{in} = Entalpía de entrada/salida W = Trabajo $Q + m_e h_e = W + m_s h_s$ $E_{entra} = E_{sate}$</p>	✓		✓		✓		
2	<p>CONSERVACIÓN DE LA MASA =</p> <p>Donde: ρ = densidad v = velocidad del aire A = área $\sum \rho \cdot v \cdot A = \sum \rho \cdot v \cdot A$ $m_{entra} = m_{sate}$</p>							
3	<p>LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA</p> <p>ENTROPÍA =</p> <p>Donde: Q = Flujo de calor S_{in} = Entropía de entrada/salida T = Temperatura $W_r = W_s \cdot X 100$</p>	✓		✓		✓		
4	<p>EFICIENCIA ISENTROPICA =</p> <p>Donde: W_r = Trabajo isentrópico W_s = Trabajo isentrópico $W_r = W_s \cdot X 100$</p>							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): _____

Opinión de aplicabilidad: **Aplicable [X]** **Aplicable después de corregir []** **No aplicable []**

Apellidos y nombres del juez validador: *Agustín L. Salinas* DNI: *07788002*

Especialidad del validador: *Doc. Ind.* de del 2018.

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.
²Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.
³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

Firma del Experto Informante.



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, **Mgtr. Conde Rosas Roberto Carlos**, docente de la Facultad de Ingeniería y carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo campus Lima Este, revisor (a) de la tesis titulada:

“Aplicación de las leyes termodinámicas en la mejora del rendimiento de una bomba de calor, 2018”, de la estudiante Aguilar Salinas Lizeth Victoria, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **20%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito(a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, **23 de julio del 2018**



Mgtr. Conde Rosas Roberto Carlos
 DNI: 09447944

 Elaboró	 Dirección de Investigación	Revisó	  VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
			 Responsable del SGC

Es seguro <https://evturnitin.com/app/carta-ev/3-3-Aus-10628509-151img-wdAcr-584174041>

feedback studio

APLICACION DE LAS LEYES TERMODINAMICAS EN LA MEJORA DEL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA DE CALOR

3 de 14 > ?

Resumen de coincidencias

20%

2 tesis pucp.edu.pe 2%

3 Entregado a Universidad 2%

4 repositorio ucv.edu.pe 1%

5 oia.upm.es 1%

6 www3.imperial.ac.uk 1%

7 repositorio uncp.edu.pe 1%

8 upcommons.upc.edu 1%

9 docplayer.es 1%

10 repositorio uac.edu.co 1%

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Aplicación de las leyes termodinámicas en la mejora del rendimiento de una bomba de calor, 2018”

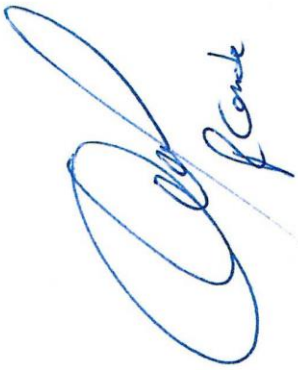
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniería industrial

AUTORES
Luceth Victoria Aguilar Salinas
Ronald Alexander Varamani Jiryo

ASISOR
Conde Rosas Roberto

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
Sistema de Gestión Empresarial y Productiva

LIMA PERÚ
2018



Página 1 de 87 Número de palabras: 20549

Text-only Report High Resolution Activado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo **Lizeth Victoria Aguilar Salinas**, identificado con DNI N° **46460701**, egresado(a) de la Carrera Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, Autorizo (**X**), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "**Aplicación de las leyes termodinámicas en la mejora del rendimiento de una bomba de calor, 2018**"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:



.....
Lizeth Victoria Aguilar Salinas

DNI: **46460701**

Fecha: **08/08/2018**

	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC		Vicerectorado de Investigación
---	----------------------------	--------	---------------------	--	--------------------------------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Mgtr. Óscar Alvarado Rodríguez

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Lizeth Victoria Aguilar Salinas

INFORME TÍTULADO:

“Aplicación de las leyes termodinámicas en la mejora del rendimiento de una bomba de calor, 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera Industrial

SUSTENTADO EN FECHA: **14/07/2018**

NOTA O MENCIÓN: **17 – Diecisiete**



Mgtr. Óscar Francisco Alvarado Rodríguez