



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA

CARRERA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN CIENCIAS NAVALES**

TEMA

**EL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO
DE AIRE DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL Y
SU CONTRIBUCIÓN AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE
GUARDIAMARINAS.**

AUTOR

CRISTIAN DAVID GUALPA MAMARANDI

DIRECTOR

ING. MEC. NAVAL EDER TORRES VERA M. SC.

SALINAS

2015



**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA
CARRERA DE CIENCIAS NAVALES**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“EL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL Y SU CONTRIBUCIÓN AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE GUARDIAMARINAS”** realizado por el señor **CRISTIAN DAVID GUALPA MAMARANDI**, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **CRISTIAN DAVID GUALPA MAMARANDI** para que lo sustente públicamente.

Salinas, 10 de diciembre del 2015

Atentamente,

ING. MEC. NAVAL EDER TORRES VERA M. SC.

Director



**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA
CARRERA DE CIENCIAS NAVALES**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CRISTIAN DAVID GUALPA MAMARANDI**, con cédula de identidad N° 0503626590, declaro que este trabajo de titulación **“EL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL Y SU CONTRIBUCIÓN AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE GUARDIAMARINAS”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Salinas, 10 de diciembre del 2015

CRISTIAN DAVID GUALPA MAMARANDI

C.C 0503626590



**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA
CARRERA DE CIENCIAS NAVALES**

AUTORIZACIÓN

Yo, **CRISTIAN DAVID GUALPA MAMARANDI**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“EL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL Y SU CONTRIBUCIÓN AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE GUARDIAMARINAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Salinas, 10 de diciembre del 2015

CRISTIAN DAVID GUALPA MAMARANDI

C.C 0503626590

DEDICATORIA

Dedico con todo corazón a Dios que ha sido mi guía a mi madre y padre por su infinito amor por el esfuerzo empleado en esta tesis

El Autor

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento infinito a Dios, a mi madre Verónica y padre Ángel por su gran apoyo y ejemplo también a mi tutor Msc. Ing. Mec. Naval Eder Torres, quien dedicó todo su tiempo y conocimientos para hacer realidad el presente trabajo.

El Autor

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	1
1.2.HIPOTESIS Y VARIABLES.....	2
1.2.1.HIPOTESIS.....	2
1.2.2.VARIABLES	2
1.3.JUSTIFICACIÓN.....	2
1.4.OBJETIVOS.....	3
1.4.1.OBJETIVO GENERAL	3
1.4.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPÍTULO II	4

MARCO TEÓRICO.....	4
2.1 CALOR	5
2.2 REFRIGERACIÓN	5
2.3 CICLO CARNOT	7
2.4 LA REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR	9
2.5 EL CICLO DE REFRIGERACIÓN.....	9
2.6 PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.....	11
2.7 COMPONENTES SECUNDARIOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	17
2.8 DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.	25
2.9 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	27
CAPITULO III	29
MARCO METODOLÓGICO	29
3. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	29
3.1. INVESTIGACIÓN APLICADA	29
3.2. INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO	29
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	29
3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	31
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR OBSERVADO.....	31
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	32
CAPÍTULO IV	39
RECONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL Y SU CONTRIBUCIÓN AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE GUARDIAMARINAS.	39

4.1. DATOS INFORMATIVOS.....	39
4.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	39
4.3. JUSTIFICACIÓN	39
4.4. OBJETIVOS	40
4.4.1 OBJETIVO GENERAL	40
4.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
4.5 FUNDAMENTACIÓN PROPUESTA	40
4.5.1 GUÍA DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE	41
4.5.2 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD PARA EL USO DEL BANCO DE PRUEBAS	42
4.5.3 MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS	42
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Elementos del ciclo simple de vapor	6
Figura 2 Ciclo Carnot	7
Figura 3 Diagrama P-V del ciclo de Carnot.	7
Figura 4 Refrigeración por compresión de vapor	9
Figura 5 Ciclo de refrigeración (diagrama P – h).....	10
Figura 6 Ensamble compresor evaporador.....	11
Figura 7 Partes principales de un compresor hermético soldado.....	12
Figura 8 Gráfico de un compresor tipo botella	13
Figura 9 Condensador enfriado por aire.....	14
Figura 10 Evaporador de Aire Forzado	15
Figura 11 Válvula de expansión termostática	16
Figura 12 Termostato convencional	17
Figura 13 Filtros deshidratadores.....	18
Figura 14 Manómetro para refrigeración	19
Figura 15 Tubería de cobre para refrigeración, tipo K.....	20
Figura 16 Ventilador.....	21
Figura 17 Capacitor de trabajo o marcha	21
Figura 18 Capacitor de arranque	22
Figura 19 Motor del compresor y del ventilador	23
Figura 20 Adiestrador de aire acondicionado de ducto abierto (GUNT).....	28
Figura 22 Panel de demostración de refrigeración (GUNT-USB).....	28
Figura 23 Conoce algún Sistema de Refrigeración.....	32
Figura 24 Conoce usted para que sirven Sistemas de Enfriamiento a Bordo	33
Figura 25 Conoce usted como se da el confort en los camarotes y entrepuentes en las Unidades de Superficie	34

Figura 26	Debería existir en el Laboratorio de Maquinaria Naval un banco de acondicionamiento de aire similar de los de a bordo para adquirir conocimientos para desenvolvemos a bordo las Unidades de Superficie.....	35
Figura 27	Cree usted que las prácticas en el banco de acondicionamiento de aire ayudarían al proceso de enseñanza y aprendizaje en el área de maquinaria naval.....	36
Figura 28	Cree usted que el uso de refrigerantes ecológicos evita la destrucción de la capa de ozono.	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Muestreo.....	31
Tabla 2	Conoce algún Sistema de Refrigeración.	32
Tabla 3	Conoce usted para que sirven Sistemas de Enfriamiento a Bordo	33
Tabla 4	Conoce usted como se da el confort en los camarotes y entrepuentes en las Unidades de Superficie.	34
Tabla 5	Debería existir en el Laboratorio de Maquinaria Naval un banco de acondicionamiento de aire similar de los de a bordo para adquirir conocimientos para desenvolvemos a bordo las Unidades de Superficie.	35
Tabla 6	Cree usted que las prácticas en el banco de acondicionamiento de aire ayudarían al proceso de enseñanza y aprendizaje en el área de maquinaria naval.....	36
Tabla 7	Cree usted que el uso de refrigerantes ecológicos evita la destrucción de la capa de ozono.....	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Encuesta	50
Anexo 2 Banco de pruebas de acondicionamiento de aire antes de la reconstrucción	51
Anexo 3 Reparación y funcionamiento del banco de pruebas de acondicionamiento de aire.....	52
Anexo 4 Práctica de los guardiamarinas en el banco de pruebas de acondicionamiento de aire	53
Anexo 5 Guía de funcionamiento del banco de pruebas de acondicionamiento de aire	54

ABREVIATURAS

ESPE	Escuela Superior Politécnica del Ejército
C	Capacidad Térmica Específica
Q	Calor a suministrar
ΔT	Cambio de Temperatura
TON	Tonelada
BTU	British Thermal Unit, Unidad Térmica Británica
Kcal	Kilocaloría
Kg	Kilogramo
$^{\circ}C$	Grados Centígrados
$^{\circ}F$	Grados Fahrenheit
HP	Horse Power, Caballo de Fuerza
HZ	Hercio
LRA	Baja Resistencia
OZ	Onza
Amp	Amperaje
Cal	Caloría
Mf	micro faradio
Rpm	revoluciones por minuto
Psi	libra por pulgada cuadrada
Kw	kilowatt

RESUMEN

Esta tesis de grado ha sido desarrollada en el laboratorio de maquinaria naval de la Escuela Superior naval, consta de 4 capítulos los cuales han sido empleados de tal manera, que los objetivos planteados por el autor han sido cumplidos en su totalidad, en lo que se ha reconstruido el banco de pruebas, se ha puesto en funcionamiento, y a su vez se ha podido diagnosticar el estado que se encuentra el equipo con las respectivas pruebas para que los guardiamarinas puedan apreciar y aprender acerca de los sistemas de refrigeración que existen en las unidades de la Armada del Ecuador, lo que a su vez se utilizan en todos los equipos que tienen funciones para obtener confort, mantener los alimentos frescos, los equipos electrónicos listos para el combate, que son de mucha importancia en las largas jornadas de trabajo. El estudio es de tipo práctico y método de análisis, en donde se aplicaron instrumentos de colección de datos, siendo el proyecto un aporte para la Escuela Superior Naval en el ámbito académico, con el cual los guardiamarinas podrán aprovechar de manera real el funcionamiento del banco de acondicionamiento de aire muy importante en la ayuda pedagógica que se imparten a lo largo de la formación del futuro Oficial de Marina.

PALABRAS CLAVES: LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL, ESCUELA NAVAL, GUARDIAMARINAS, BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE, AIRE ACONDICIONADO

ABSTRACT

This thesis has been developed in the marine engineering lab in the Naval School, it consists of four chapters which have been used by the author for being fulfill in a total way, moreover it has reconstructed the test and also put into operation, furthermore; it is able to identify the condition of the machine with the respective test to the midshipmen who can appreciate and learn about the cooling systems that exist in the Naval Bases in Ecuador, which are used in all computers that have comfort functions, keep fresh food, electronic equipment ready for combat, that are very important in the long working hours. The study is practical and method of analysis, where instruments of data collection were applied, this project will contribute to the Naval School in the academic area in which the midshipmen will take advantage of it in a real way, the operation of the air conditioning that is very important in the teaching area that is taught throughout the future official training for becoming a marine officer.

KEYWORDS: MARINE ENGINEERING LAB, TEST OF AIR CONDITIONING, MIDSHIPMEN, AIR CONDITIONING

INTRODUCCIÓN

El banco de pruebas de acondicionamiento de aire es una herramienta muy importante para los guardiamarinas, por lo cual se desarrollaron cuatro capítulos encaminados con la realidad del estado del banco proporcionando la información necesaria para capacitar de manera didáctica a los guardiamarinas en la asignatura de Maquinaria Naval I, Refrigeración; el primer capítulo trata de la problemática del proyecto, así como los antecedentes y circunstancias como se encontraba el banco de pruebas, el segundo capítulo trata de todo lo referente a principios de la refrigeración, accesorios, equipos y tecnologías similares, el tercer capítulo nos explica el método de investigación a utilizar, es muy importante conocer que es un proyecto didáctico de aprendizaje; en el cuarto capítulo nuestro proyecto está terminado tiene un manual de usuario muy importante para su correcto funcionamiento, por lo cual los guardiamarinas pueden completar su aprendizaje y estar preparado para afrontar la problemática inherente en las unidades de la Armada del Ecuador , el presente proyecto muestra un banco de pruebas con capacidad de enfriar y dar calor en la unidades navales, así como nos muestra los cambios de temperatura y presión que se establecen en el equipo y como poder controlarlos, ya que es importante conocer su funcionamiento.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Laboratorio de Maquinaria Naval, existe un banco de pruebas para acondicionamiento de aire, el cual es una máquina herramienta importante y didáctica en el dictado de la materia de Maquinaria Naval I, en donde se realizan prácticas profesionales y planificadas de refrigeración naval, que forma parte del pensum de la formación del guardiamarina durante el proceso de enseñanza aprendizaje.

Este método de aprender se ha visto afectado, en la actualidad; ya que debido a los años de servicio del banco de pruebas en beneficio de los guardiamarinas ha disminuido su capacidad de enfriamiento.

Esto no permite las prácticas profesionales y el desarrollo de las habilidades cognitivas durante el registro y análisis de datos registrados en el banco de pruebas para acondicionamiento de aire.

1.1. DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

Área:	Educativa
Campo:	Unidad Académica Especial Salinas
Aspecto:	Deterioro del banco de pruebas de acondicionamiento de aire
Temporal:	Período lectivo 2014-2015
Contexto espacial:	Laboratorio de maquinaria naval

1.2. HIPOTESIS Y VARIABLES

1.2.1. HIPOTESIS

La reconstrucción del banco de pruebas de acondicionamiento de aire, es un aporte fundamental que contribuirá con el aprendizaje de los Guardiamarinas en el Laboratorio de Maquinaria Naval

1.2.2. VARIABLES

Variable independiente.

El banco de pruebas de acondicionamiento de aire del Laboratorio de Maquinaria Naval.

Variable dependiente

Contribuir al proceso de aprendizaje de los Guardiamarinas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El Banco de Pruebas de Aire acondicionado ha contribuido en el aprendizaje de los Guardiamarinas con la posibilidad de asociar conocimientos teóricos, con prácticas lo cual será de importancia en el sistema acondicionamiento de aire a bordo de los buques, en la actualidad este equipo fue deteriorado por el su uso y perdió su rendimiento. Así, a medida que pase el tiempo se dañará por completo dificultando su funcionamiento.

Un sistema de aire acondicionado mantiene condiciones de temperatura, humedad y purificación de aire, más adecuado para las operaciones técnicas de los procesos en las unidades a flote.

Por tales razones es de suma importancia reconstruir el banco de pruebas de aire acondicionado, este sistema consta en primera instancia de un evaporador, un compresor, un condensador y algunos otros componentes que se irán mostrando posteriormente, y adecuándolo con los sistemas modernos que poseen los buques de la Armada del Ecuador y que cumplirán con los requerimientos necesarios para el aprendizaje de los Guardiamarinas.

1.4.OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Habilitar el Sistema de Refrigeración del Banco de Pruebas de Acondicionamiento de Aire en el Laboratorio de Maquinaria Naval para conocer el proceso de refrigeración.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el funcionamiento Banco de Pruebas de Aire Acondicionado en el Laboratorio de Maquinaria Naval para observar el proceso de refrigeración.
- Implementar los instrumentos necesarios para el funcionamiento correcto del banco de pruebas con el modelo de los buques de la Armada del Ecuador.
- Guía de funcionamiento del banco de pruebas que cumple con los requerimientos necesarios para el aprendizaje de los guardiamarinas y la práctica en los buques de la Armada del Ecuador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El proyecto que se presenta tiene como meta recuperar, reparar y dejar operativo el banco de pruebas de refrigeración y acondicionamiento de aire del Laboratorio de Maquinaria Naval, con la finalidad de que el personal de Guardiamarinas realice las prácticas de laboratorio con el ciclo de refrigeración por compresión de vapor llamado CARNOT, que es el ciclo con el cual trabaja el equipo y a su vez verificar las pruebas de laboratorio que se realizan en el banco didáctico durante su funcionamiento.

Para lo cual, se ha realizado una investigación bibliográfica que ayudará a conocer conceptos básicos e información, necesaria para la realización del proyecto la cual es presentada en este capítulo.

El acondicionamiento de aire es el proceso más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados; consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire dentro de los locales.

Si no se trata la humedad, sino solamente la temperatura, podría llamarse climatización. El acondicionamiento de aire para un recinto que genere calor, se basa en suministrar aire a menor temperatura para combatir la carga térmica.

Esto se logra básicamente por medio de un sistema de refrigeración, el cual transfiere calor del aire hacia el sistema para así enfriarlo.

Los equipos de refrigeración en los buques tienen varias aplicaciones:

- Conservación de víveres
- Fuentes de agua fría y hielo
- Acondicionamiento de compartimentos (CIC, pañoles, equipos electrónicos, armas, etc.)
- Acondicionamiento de espacios de habitabilidad.

2.1 CALOR

El calor es una forma de energía. Energía en tránsito de un cuerpo a otro como resultado de una diferencia de temperaturas entre los dos cuerpos. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

Calor específico

(Capacidad Térmica específica) c es el calor Q que hay que suministrar o sustraer de una masa m para cambiar su temperatura en ΔT (delta T):

$$c = Q / m \Delta T$$

Transmisión de calor

La transmisión de calor es el inevitable resultado de una diferencia de temperatura entre dos puntos.

La existencia de un desnivel térmico constituye una característica peculiar del fenómeno. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

Clases de calor

- **CALOR SENSIBLE:** Es el calor que absorbe o entrega un cuerpo acompañado este de un cambio de temperatura sin que haya cambio de fase o de estado. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)
- **CALOR LATENTE:** (Transformación) Es aquel que al ser suministrado o sustraído de un cuerpo cambia su fase sin que cambie la temperatura. Se distinguen los siguientes calores “latentes”: (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)
- **CALOR DE FUSIÓN:** Es el calor necesario para transformar un cuerpo sólido en uno líquido, a la temperatura de fusión, sin que cambie su temperatura. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

2.2 REFRIGERACIÓN

Se define como cualquier proceso de eliminación de calor. Así como la rama de la ciencia que trata con los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto a los alrededores correspondientes, dependiendo de los valores y

el estado en que se encuentre el ambiente, factores que son muy importantes para determinar la temperatura y la presión.

Según los estados de la materia las sustancias cambian a medida que se interactúan medios como el calor; al aplicar a un sólido para convertirlo líquido, así como un líquido a gas.

Uso práctico bajar la temperatura por circulación de un fluido (refrigerante), con capacidad de absorción de calor.

La refrigeración es muy importante en la actualidad porque es una de las maneras como se evitan que las bacterias descompongan los alimentos debido al calor y temperatura normal, el confort, así como ayuda para diferentes equipos de navegación. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

Potencia frigorífica

- Se define como la cantidad de calor, que se absorbe por Unidad de tiempo.
- Sistema Inglés Ton de refrigeración.

$$1 \text{ TON} = 12.000 \text{ Btu/h} = 3022.7 \text{ Kcal/h}$$

Ciclo de Refrigeración

La circulación del refrigerante en el sistema, hace que sufra un número de cambios en su estado o condición, cada uno de es llamado proceso y son:

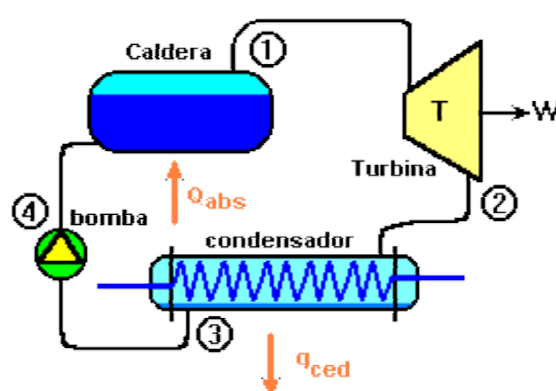


Figura 1 Elementos del ciclo simple de vapor

Fuente: CICLOS DE VAPOR ABIERTO Y RANKINE, Mayo de 2002,

2.3 CICLO CARNOT

El ciclo Carnot es el ciclo de refrigeración más eficiente que opera entre dos niveles de temperatura; por lo que, se constituye en un estándar de comparación para los ciclos reales de refrigeración. Además, ha demostrado ser una valiosa herramienta en el estudio de los ciclos de potencia de gas y vapor.

Se define ciclo de Carnot como un proceso cíclico reversible que utiliza un gas perfecto, y que consta de dos transformaciones isotérmicas y dos adiabáticas, tal como se muestra en la figura. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

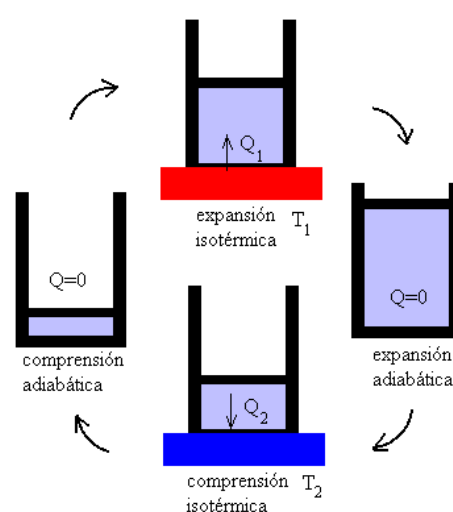


Figura 2 Ciclo Carnot

Fuente: Carnot, recuperado junio 2015,

Esquema del ciclo de Carnot.

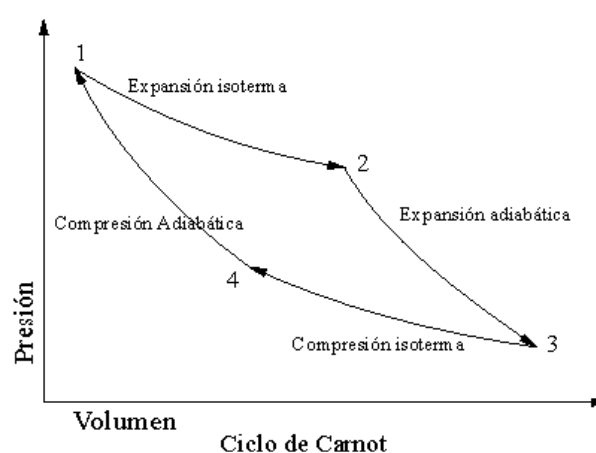


Figura 3 Diagrama P-V del ciclo de Carnot.

Fuente: ciclo Carnot, febrero 2012, recuperado junio 2015,

En cualquier ciclo, tenemos que obtener a partir de los datos iniciales.

La presión, volumen de determinan los cambios que sufren los cuerpos a medida que interactúan provocando que los estados se alteren.

El trabajo, el calor y la variación de energía interna en cada una de los procesos.

El trabajo total, el calor absorbido, el calor cedido, y el rendimiento del ciclo.

El ciclo normal de compresión de vapor consta de los siguientes cuatro procesos básicos:

- Evaporación del refrigerante en estado líquido, que se convierte en vapor a medida que se aplica cierta cantidad de calor en condiciones de presión constante.
- Compresión del vapor, es el proceso mediante el cual el estado de la materia cambia desde una baja presión hasta una alta presión.
- Condensación del refrigerante, el cual se convierte de vapor a líquido. Antes de que pueda comenzar la condensación, el vapor debe llevarse hasta el punto de saturación, removiendo cualquier sobrecalentamiento existente. El proceso completo tiene lugar a presión constante.
- La expansión del refrigerante líquido desde un nivel de presión en la mezcla de líquido y vapor hasta una presión más baja. Esto ocurre sin que haya transferencia de energía hacia dentro o hacia fuera del refrigerante. En consecuencia, la entalpía permanece constante.

Cada uno de estos procesos básicos, permaneciendo constante una de las propiedades del refrigerante, puede ser representado por una recta en el diagrama. Los procesos a presión constante (evaporación y condensación) se ilustran con rectas horizontales.

La expansión, a entalpía constante se muestra por una línea vertical. La compresión a entropía constante está representada por una línea inclinada. Los siguientes dibujos esquemáticos muestran cómo se presenta el ciclo de refrigeración en el diagrama o carta.

Las líneas de condensación y de evaporación están dibujadas primero. Las líneas de expansión y de compresión, se agregan después para completar el ciclo.

El fluido una vez licuado se expande isotérmicamente. (CLEMENTINA, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

2.4 LA REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR

Método de refrigeración más adecuado en donde su funcionamiento depende del evaporador, compresor, condensador, y válvula de expansión, del sistema cerrado, se comprime el gas, el gas emite calor antes del proceso de evaporación. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

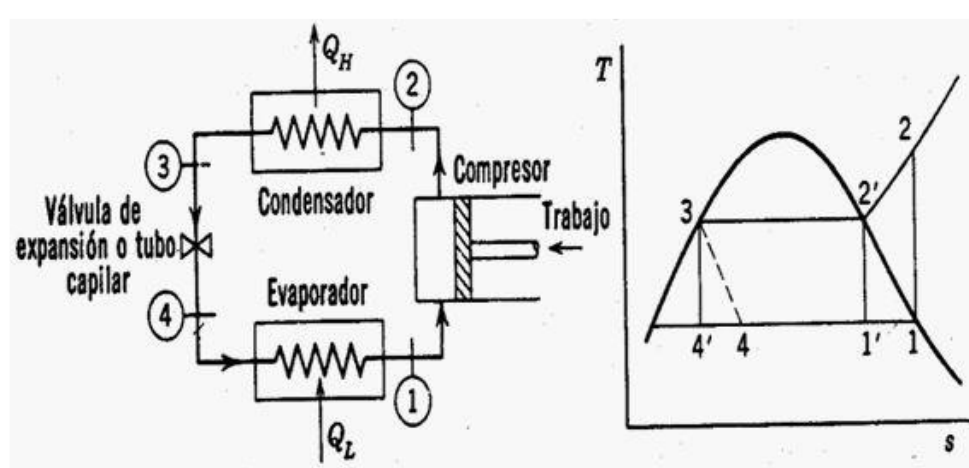


Figura 4 Refrigeración por compresión de vapor

Fuente: Refrigeración por compresión de vapor, 1987, recuperado junio 2015

2.5 EL CICLO DE REFRIGERACIÓN.

Es el método más utilizado, el cual consiste en la circulación del refrigerante a través del Evaporador, Compresor, Condensador y Válvula de Expansión en un sistema cerrado, el proceso que realiza es el cambio que produce cuando la energía mecánica se comprime en un gas refrigerante, en el cambio de estado el gas se condensa emitiendo calor latente que antes de evaporarse, había absorbido un nivel de temperatura inferior. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

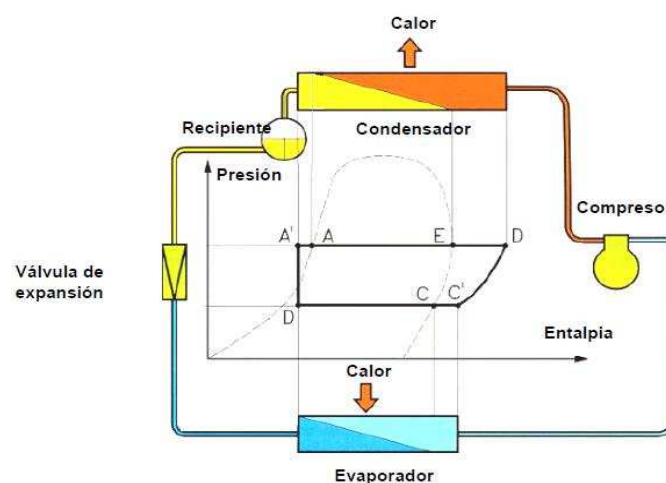


Figura 5 Ciclo de refrigeración (diagrama P – h)

Fuente: ciclo de refrigeración, mayo 2008, recuperado junio 2015,

Relación presión-temperatura (volumen constante)

El incremento de temperatura de un gas produce que las moléculas se muevan más rápidamente y por tanto aumenta el número de choques contra las paredes, es decir aumenta la presión, debido a que el sistema cerrado y su volumen no se pueden alterar.

Según la presión dada, los refrigerantes tienen temperatura de saturación, a medida que la presión disminuye, la temperatura de saturación es baja. Si la presión es alta, la temperatura de saturación es alta.

Es así, que la temperatura y la presión guardan estrecha relación, que es establecida a continuación.

- La válvula de expansión regula el flujo a través del evaporador. Este proceso reduce la presión en el refrigerante, líquido que provoca el cambio de su estado, el refrigerante cambia su estado y alcanza la temperatura de saturación, así como la presión.
- A medida que la temperatura del gas en el evaporador varia, el bulbo de la válvula de expansión registra variación y mediante cuál la alimentación a través de la válvula de expansión, y así adaptarse a las nuevas necesidades.
- El compresor toma el vapor a baja presión y lo comprime aumento en forma similar la temperatura y la presión. El vapor caliente, al alcanzar una alta presión, en este estado es bombeado fuera del compresor, a través de la válvula de descarga que va hacia condensador

- El vapor del refrigerante, alcanza la temperatura de saturación, correspondiente a la alta presión del condensador, el vapor se condensa y fluye como líquido, repitiéndose nuevamente el ciclo. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

2.6 PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Compresor

El compresor es el componente que aumenta la presión en el sistema también, constituye la verdadera máquina de toda instalación frigorífica, que es el corazón del sistema .El cual tiene función de mover el refrigerante desde el lado a baja presión y temperatura, comprimirlo y descargarlo en el evaporador hasta el lado a alta presión en el condensador.

Los compresores para refrigerador de uso doméstico tienen una potencia entre 1/20 y 1/2 de hp; estos compresores generalmente tienen un conducto de aspiración, un conducto de descarga, un tubo de proceso y dos conductos de enfriamiento del aceite.

A mayor temperatura de vaporización del líquido en el evaporador, mayor será la presión de vaporizante y menor el volumen específico en la aspiración. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)



Figura 6 Ensamble compresor evaporador

Comúnmente se usan en la refrigeración doméstica, compresores del tipo soldado herméticamente sellados, pueden ser alternativos o rotatorios. Estos compresores también conocidos como compresores de desplazamiento positivo, aumentan la presión del refrigerante al disminuir el volumen de la cámara que contiene el fluido. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (CÉSAR, 2011)

Compresores herméticos

Su ámbito de aplicación comprende los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

El motor va acoplado directamente al compresor, al ser hermético no es posible acceder a ellos, como si requerimos un mantenimiento el compresor se lo tendrá que desprender de manera que se pueda acceder al equipo. (CÉSAR, 2011)

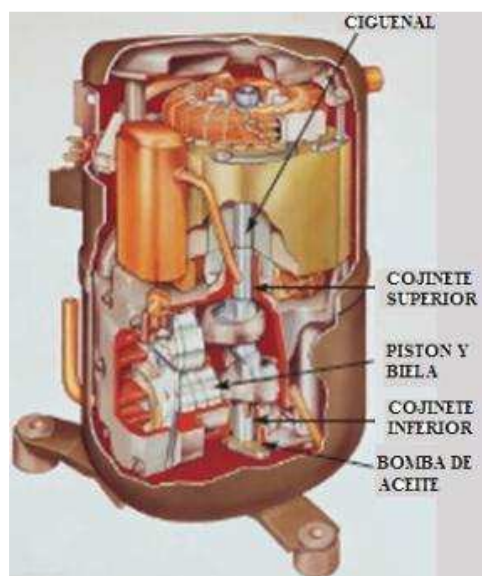


Figura 7 Partes principales de un compresor hermético soldado

Fuente: Ayudas académicas del profesor

De esta forma el tramo de tubería que queda libre se lo utiliza para realizar las siguientes operaciones.

- Cargar refrigerante
- Comprobar la presión de aspiración
- Cargar aceite.

GRÁFICO DE UN COMPRESOR TIPO BOTELLA DE A/A



Figura 8 Gráfico de un compresor tipo botella

Condensadores

El condensador es un intercambiador de calor, su función es disipar el calor extraído por el refrigerante en el evaporador hacia un medio condensante.

El medio condensante utilizado en su gran mayoría es agua, aire o una combinación de ambos. Como ya es conocido que el cambio de estado de gas a líquido se producirá solo cuando los gases de refrigerante se encuentren en unas determinadas condiciones de temperatura y presión. A la salida del condensador tendremos líquido a alta presión, más o menos subenfriado.

Es muy importante conocer la función es la de cambio de calor que se encarga el gas refrigerante proveniente del evaporador y compresor, con la finalidad de eliminar el sistema de refrigeración existente en el equipo

El más utilizado en aplicaciones frigoríficas es el Condensador de Aire.

Estas consideraciones nos permiten precisar las funciones internas del condensador, que son tres:

- 1º Enfriar los vapores comprimidos de la temperatura de descarga a la temperatura de condensación.
- 2º Condensar vapores enfriados a la temperatura de condensación.
- 3º Subenfriar el líquido condensado desde la temperatura de condensación a la temperatura ambiente. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (CÉSAR, 2011)

Condensadores enfriados por aire

Estos condensadores pueden ser enfriados por convección natural o por la acción de un ventilador. Emplean aire como el medio hacia el que se rechaza el calor; están constituidos por una tubería simple en los que el impulsor de un compresor sopla aire sobre el condensador; con la finalidad de mejorar el rendimiento en muchos diseños se amplía el área superficial con aletas.



Figura 9 Condensador enfriado por aire.

Evaporador

El evaporador es básicamente un intercambiador de calor entre el fluido refrigerante y el medio que lo rodea, de donde se pretende extraer calor para mantenerlo a una cierta temperatura.

El evaporador de un acondicionador de aire o de cualquier sistema de refrigeración es, como su nombre lo indica un lugar en donde se evaporan los líquidos refrigerantes, pero quedando siempre confinados, de manera que el refrigerante se pueda usar una y otra vez.

El refrigerante entra en el evaporador en estado de líquido a baja presión, y en consecuencia también a baja temperatura. Como el medio que le rodea está a una temperatura superior, existe una cesión de calor que proviene del ambiente, al cual será absorbida por el fluido refrigerante para poder así llevar a cabo su cambio de estado de líquido a vapor.

En cualquier sistema de aire acondicionado, el evaporador va al compresor en el sentido de dirección de flujo refrigerante.

La temperatura de un evaporador es 0°C (32°F). El refrigerante entra por el fondo del evaporador como líquido baja presión. El aire caliente que pasa a través de las aletas del evaporador hace que el refrigerante dentro de los tubos se evapore. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

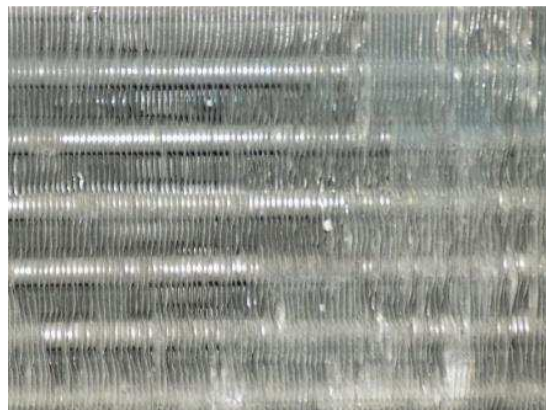


Figura 10 Evaporador de Aire Forzado

Válvula de expansión

La válvula de expansión está en el circuito de entrada del evaporador y define el lado de alta y baja. Reduce la presión por expansión del fluido, dosificando la llegada del mismo evaporador. El refrigerante debe evaporarse completamente en el evaporador y salir de él en estado gaseoso ligeramente recalentado. Yendo directamente a las funciones de operaciones básicas, encontramos el aparato de medición es el punto de arranque. Cada ciclo de compresión debe tener un medio donde regule el flujo de refrigerante líquido de alta presión, desde la línea de líquido al evaporador. Existen dos tipos de aparatos de medición usados en varias fases de trabajo de refrigeración.

- Válvula de expansión termostática.
- Válvula de expansión automática.

El primer desarrollo importante después de la operación con válvula manual fue la válvula de expansión automática o también llamada válvula de expansión de presión constante en el evaporador, porque mantiene una presión de salida constante, independiente de los cambios en la presión de líquido en la entrada, la carga u otras condiciones. Cuando la presión del evaporador sube, se sobrepasa la fuerza del resorte y mueve el diafragma hacia arriba, cerrando la válvula.

Como esta válvula mantiene constante la presión en el evaporador, también trata de mantener constante la temperatura del mismo. En donde hay una válvula de expansión automática, el incremento de presión cierra la válvula. Al cerrar la válvula cuando se presenta un incremento de carga, el suministro de refrigerante se corta en vez de aumentar.

El aparato de medición más ampliamente usado es la válvula de expansión termostática.

Esta válvula controla el flujo de refrigerante manteniendo un súper calentamiento relativamente constante en el extremo del evaporador. Es el más difícil de entender de todos los aparatos de medición. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (HUGO, 2010)

Válvula de expansión termostática



Figura 11 Válvula de expansión termostática

Las válvulas de expansión termostáticas están formadas por:

- **Bulbo:** Es un elemento cargado con el mismo refrigerante que hay que controlar. La presión que ejerce este refrigerante depende de la temperatura al final del evaporador y actúa sobre el orificio calibrado de la válvula.

La presión del bulbo es presión de apertura (a más temperatura mayor apertura).

- **Tornillo de recalentamiento,** va ajustado de fábrica con 4 °C (respecto la presión de baja), la presión que ejercemos con el tornillo contrarresta la presión del bulbo. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

2.7 COMPONENTES SECUNDARIOS DEL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Termostato

Este dispositivo controla los periodos del funcionamiento del compresor. Cuando el termostato detecta que la corriente del aire está demasiado caliente, este cierra el circuito hace que se ponga en funcionamiento el compresor, es utilizado para el control del rango de temperatura de un espacio o producto refrigerado, haciendo ciclar al: compresor y ventiladores del evaporador (arranque y parada sus motores) y, la abertura y cierre de válvulas en un termostato se emplea particularmente un interruptor de voltaje para que los contactos se abran y se cierran y su arco sea mínimo. (CÉSAR, 2011) (HUGO, 2010)

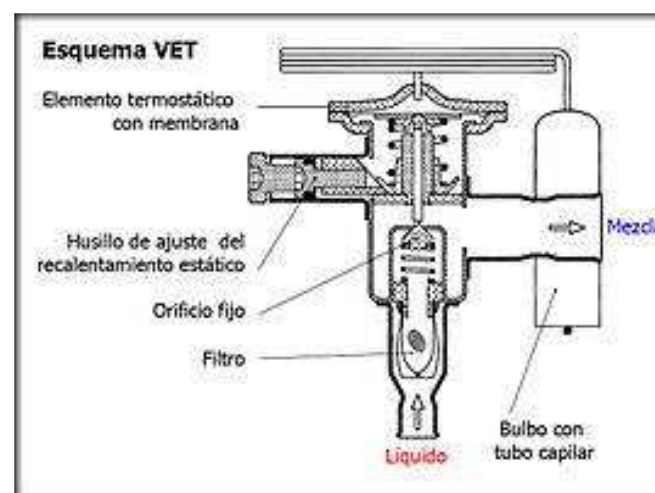


Figura 12 Termostato convencional

Fuente: Termostato convencional, noviembre 2010, recuperado junio 2015

Filtros

Sirve para retener partículas extrañas de materia evitando que circulen en el sistema. Normalmente este, es un tubo de cobre de poca longitud y de diámetro interior mayor que, el resto de los tubos del sistema y que contiene un tamiz cónico.

Entre el condensador y la línea capilar, que es la que alimenta de refrigerante en estado líquido al evaporador, se conectan unos dispositivos

denominados filtros y filtros-deshidratadores, que tienen la función de purificar el refrigerante que circula del condensador hacia el evaporador.

Los filtros consisten de un tubo de cobre, provisto de una malla metálica fina en su interior del mismo material, la cual impide el paso de las impurezas que pudiese arrastrar el refrigerante, para evitar la obstrucción de la línea capilar.

En caso de que el refrigerante arrastre más humedad de la tolerable y el filtro lo deje pasar libremente hacia el evaporador, esto produce cristales de hielo que pueden obstruir el paso del refrigerante. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (CÉSAR, 2011) (HUGO, 2010)

Filtros deshidratadores

El filtro deshidratador consiste en un tubo de cobre que tiene en su interior dos mallas de metal (una gruesa y otra fina) entre las cuales se encuentra colocado un desecante que absorbe la humedad y purifica con ayuda de las mallas de refrigerante, a la vez que estas mantienen en un su lugar ese desecante.

Es necesario recordar que la humedad es soluble en los refrigerantes solo en muy pequeñas proporciones y, que si se exceden de estos rangos existe siempre el riesgo de un taponamiento de una línea capilar por cristales de hielo a su entrada en el evaporador. (CLEMENTINA, 2011) (CÉSAR, 2011)



Figura 13 Filtros deshidratadores

Fuente: Filtros deshidratadores, septiembre 2014, recuperado junio 2015

Manómetro

Constituyen en una herramienta principal del mecánico de servicio para comprobar el funcionamiento del sistema.

Los manómetros para el lado de alta presión del sistema tienen escalas con lecturas desde 0 a 28 Kg/cm². Los manómetros para el lado de baja se denominan manómetros compuestos, ya que la escala está graduada para presiones superiores e inferiores a la presión atmosférica, su escala está en el rango de 762 mm. Hg. de vacío a presiones que oscilan desde 4 a 11 Kg/cm².

Adicionalmente a las escalas de presión, se representan en la carátula del manómetro las temperaturas de saturación equivalentes para los refrigerantes normalmente utilizados. (CÉSAR, 2011) (MARÍA, 2006) (HUGO, 2010)



Figura 14 Manómetro para refrigeración

Tubería

La tubería apropiada para la refrigeración es tan esencial para la operación exitosa del sistema como lo son las venas y arterias para el cuerpo humano.

Los materiales más frecuentemente usados en tuberías de refrigeración son: el acero, hierro dulce, cobre y latón. Todos éstos son apropiados para usarse con todos los refrigerantes comunes, excepto el cobre y el latón que no puede ser usado con el amoníaco, debido a que en presencia de humedad, el amoníaco ataca a los metales no ferrosos.

La tubería de cobre tiene la ventaja de ser de peso ligero, resistente a la corrosión y de fácil instalación que el hierro dulce y el acero. La tubería de cobre viene disponible en dos tipos: rígido y flexible. Ambos tipos de tuberías de cobre existen en el mercado en dos espesores distintos de

pared, K y L. El tipo K es de pared gruesa, y el tipo L es de espesor mediano; siendo este último el más utilizado en los sistemas de refrigeración. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (HUGO, 2010)



Figura 15 Tubería de cobre para refrigeración, tipo K.

La tubería tiene dos funciones principales: (1) suministrar un camino para la circulación del refrigerante a través del sistema y (2) proveer un pasaje para que el aceite retorne al compresor.

El tamaño de la válvula de servicio que se entrega con los compresores o el tamaño de la conexión de un condensador, evaporador o cualquier otro accesorio no determina el tamaño de la línea que debe usarse. (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (HUGO, 2010)

Ventiladores

Los ventiladores son muy importantes en la actualidad en la mayoría de veces mejoran la calidad de ambiente en un lugar cerrado, esto mediante la resistencia, la fricción, la salida de aire que pasa por un ducto, es necesario suministrar energía al sistema, en forma de presión.

Todo esto se logra con la implementación de un ventilador instalado exactamente correcto en un sistema.

Según el diseño de los ventiladores se aumenta la presión del debido a las pérdidas de la salida del flujo mediante el ducto, esto a determina para que sea la única carga potencial (los cambios con aire se desprecian las diferencias de altura potencial, velocidad y presión).

Todos los ventiladores son turbo máquinas generadoras (ceden energía), hidráulicas (no cambia la densidad del fluido significativamente). (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (MARÍA, 2006).



Figura 16 Ventilador

Capacitor de trabajo o marcha

Este capacitor de marcha o de trabajo ya que siempre está en servicio constante. Este instrumento eléctrico está construido para estar en constante cambios eléctricamente en el circuito siempre y cuando el motor esté en funcionamiento. Este dispositivo da un desplazamiento que es todo lo contrario del capacitor de arranque, y los cambios que realizan son: tiene una alta impedancia y una baja capacitancia.

Su construcción le sirve mucho para disparar por calor. Con este armazón metálico, lleno de aceite puede permanecer en el circuito eléctrico sin el riesgo de reventarse. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (CÉSAR, 2011)



Figura 17 Capacitor de trabajo o marcha

Capacitor de arranque

Accesorio muy importante ya que la mayoría de la forma cilíndrica tiene un valor de 90 a 400 microfaradios. También existen diferentes tipos de capacitores. En este accesorio se encuentra un empaque plástico externo. Mediante este protege las capas alternas de papel y un electrolito seco. Todos los capacitores fueron construidos para ayudar en los trabajos ejercidos así han sido diseñado para permanecer momentáneamente en el circuito y se pueden salir eléctricamente por medio de un interruptor de transmisión. Esto se puede llevar a cabo mediante un relé o un interruptor centrífugo. Este capacitor de arranque debe permanecer en este circuito solo lo suficiente para hacer que el motor pueda llegar a sus RPM calculadas. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (CÉSAR, 2011) (HUGO, 2010)



Figura 18 Capacitor de arranque

Motor del compresor y del ventilador

Todos los equipos de acondicionamiento de aire así como Los sistemas de refrigeración tienen unidades herméticas que contienen dos motores de inducción. Uno es hermético que consiste en estar sellado, particularmente en la carcasa del compresor y acoplado proporcionalmente al compresor. El otro compresor es el que enciende a los ventiladores del evaporador y del condensador, muchas veces poseen motores eléctricos para cada ventilador que tienen la capacidad tanto del evaporador como el del condensador. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (CÉSAR, 2011) (HUGO, 2010)



Figura 19 Motor del compresor y del ventilador

Óhmetro

Instrumento que mide la cantidad eléctrica necesaria en cada uno de los accesorios así como: Termostatos, capacitores de arranque y de trabajo, y de otros. De hecho, este equipo mide la resistencia de un circuito entre los puntos donde se sabe que debe haber una continuidad, si la aguja del óhmetro se mueve quiere decir que el circuito está cerrado entonces el componente está en buen estado. Pero si la aguja no se mueve quiere decir que el componente está abierto, entonces debe remplazarse por otro que esté en buen estado. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (HUGO, 2010) (CÉSAR, 2011)

Ventilador del evaporador

La mayoría de partes de los aires acondicionados, el ventilador del evaporador tiene una forma que se acopla de manera que permita un óptimo desarrollo, así motor "jaula de ardilla" (un tambor achatado con ranuras en su periferia y paralelos a su eje.).

En el ciclo Carnot es muy importante obtener un diseño que satisface las necesidades así, el más preferido es el ventilador del evaporador y él más usual para esta aplicación ya que es relativamente silencioso y suministra el volumen de aire adecuado. Este ventilador situado detrás del evaporador, impulsa un volumen de aire procedente a la habitación a través del evaporador hacia el recinto que se está enfriando. (CLEMENTINA, 2011) (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

Ventilador del condensador

En todo sistema de refrigeración posee: un ventilador que está colocado detrás del condensador que transporta el aire procedente del exterior y lo empuja de manera muy rápida así como nuevamente hacia el exterior

donde no sé está acondicionando nada. Los cambios en los aires acondicionados mediante el uso para el ventilador del condensador también puede recoger el flujo frío que procede del evaporador y este cambio es necesario aplicarlo a través de las aletas del condensador para producir un enfriamiento adicional a este mismo. Muchos accesorios así como los ventiladores, tanto como el del evaporador y el condensador son dados en marcha por medio de un motor eléctrico. (CÉSAR, 2011) (MARÍA, 2006) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

Tubo capilar

Los accesorios de instalación tienen características muy importantes como de expansión en pequeñas instalaciones por razones siguientes:

- Facilidad de construcción.
- Bajo precio
- Fiabilidad, no hay partes en desplazamiento.

Razones por las cuales es importante la utilización de compresores de bajo par de impulso por la buena simetría de presiones.

El refrigerante líquido tiene que pasar por el tubo capilar por lo que los cambios son: (aumenta la velocidad y disminuye la presión) estos cambios son importantes debido a la presión que convierte el líquido en vapor.

Es muy importante librarse del vapor en todo el líquido, esto evita que se robe calor al exterior así como; antes de entrar al evaporador se suele soldar junto con la línea de aspiración. (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (CÉSAR, 2011) (HUGO, 2010)

Refrigerante

En el ciclo Carnot o el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, es muy importante conocer que el refrigerante se vaporiza y condensa perdiendo y aumento las temperaturas respectivamente. En nuestros tiempos depende de la calidad y la eficacia que produzcan los refrigerantes para hacer los cambios de temperatura.

Es importante conocer que el refrigerante ha contribuido mucho con el uso industrial, doméstico que ha permitido que sea un factor muy importante para los cambios de temperatura, así el R22 o también conocido

como clorodifluorometano que es un gas incoloro, en un principio por su bajo punto de fusión, (-157°C). (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004) (CÉSAR, 2011)

Principales características

- Evitan el daño de la capa de ozono.
- Evitan el efecto invernadero.
- Son ecológicos, evitan el daño ambiental.
- Son estables en condiciones normales de presión y temperatura.
- Son eficaces y cumplen con sus capacidades energéticas.

R407C Es el sustituto definitivo del R22, principalmente en el sector del aire acondicionado (temperaturas de evaporación superiores a -10 °C). En estas situaciones su comportamiento es muy parecido al del R22 (CÉSAR, 2011) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)

2.8 DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

En las secciones mencionamos principios básicos de refrigeración y aire acondicionado así como también los componentes mecánicos eléctricos que componen un sistema de aire acondicionado de ventana, ahora mencionaremos las características de los componentes mecánicos y eléctricos del banco de pruebas del laboratorio.

Componentes mecánicos

Es necesario conocer las características del banco de pruebas, dimensiones, capacidades, accesorios muy importantes

La descripción se anunciara de la siguiente manera:

➤ **Evaporador**

Evaporador tipo serpentín aleteado enfriado por aire, construido por 27 tubos de 5/16 pulg. De diámetro con aletas de aluminio dispuestas en hilera cuyas dimensiones son de 48 x 34 cm.

➤ **Compresor**

Compresor hermético 208-220 Volts 1HP 60 HZ LRA 38.0. Con capacidad de enfriamiento de 13500 BTU. Uso refrigerante R22 31.0 OZ.

➤ **Condensador**

Condensador enfriado por aire tipo serpentín, construido de 33 tubos de 5/16 pulg. De diámetro. Con aletas de aluminio dispuestas en hilera de 52 x 43 cm.

➤ **Tubo capilar**

Capilar de 1.2 mm.

➤ **Válvula de expansión**

Vt-50 13500btu/h r 22 ¼ pulg.

Componentes eléctricos

➤ **Motor de compresor de 13500 BTU/H**

➤ Faces- 1

➤ CPS- 60

➤ Amp. 9.5

➤ Watts-1990

➤ Refrigerante R- 22 Cantidad- 31.0 OZ.

➤ Enfriamiento- 13500 Btu/hr 3400 Cal/hr

➤ **Capacitor de trabajo del motocompesor (CTM)**

CTM de 35 mf. 10% 370 VCA 60 HZ.

➤ **Capacitor de trabajo del motor ventilador (CTV)**

CTV DE 8 mf 370 VCA

➤ **Motor ventilador**

➤ De ¼ HP, A 3600 r.p.m 220 Volts, 60 Hz. 1.5 Amp.

➤ **Ventilador del condensador:**

➤ 220 Volts, 60 Hz. 1.5 Amp. Con 6 aspas de aluminio con un diámetro de 38 cm.

➤ **Ventilador del evaporador:**

➤ 220 Volts, 60 Hz. 1.5 Amp. Tipo turbina

➤ **Conductor eléctrico**

➤ De cobre, forrado del número 14 y 16.

Herramientas y equipo

➤ **Banco de pruebas de laboratorio para equipos de aire acondicionado tipo ventana**

- Marca – National Modelo- CW-120E226 Serie- 136200467
MATSUSHITA INDUSTRIAL CORP Volts- 220 Fases- 1CPS- 60HZ
Amp. 7.4 Watts-1590 Presión de prueba 21.2 kg/cm² Refrigerante R- 22
Cantidad- 31.0 OZ, Enfriamiento- 13500 Btu/hr 3400 Cal/hr
- Manómetros
- Manómetros Marca Imperial Eastman con rango de baja de – 30 Psi a 250 Psi rango de alta y rango de alta de 0 Psi a 500 Psi.
- Multímetro
- Multímetro Marca Master Modelo: M9805G CLAMP METER.
- Bomba de vacío
- Bomba de vacío Marca Kelvinator 120 Volts ¼ hp 1 PH.
- Terminales de conexión
- Terminales de conexión de cobre para conductor del número 14 y 16.
- Válvula para carga de refrigerante
(TECHNOLOGIES, 2015) (RAMÓN & RAMOS GARCÍA , 2004)
(CÉSAR, 2011) (HAMBURG, 2005) (HUGO, 2010)

2.9 ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS EXISTENTES Y ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Es importante conocer bancos de pruebas de acondicionamiento de aire que serán muy importantes para comparar en la mayoría de empresas que se dedican a la venta de tecnología.

Banco N° 1 – Adiestrador de aire acondicionado de ducto abierto (GUNT)

La principal característica que se debe encontrar con este equipo es el origen de donde proviene en este caso la fábrica es de origen alemán, es importante conocer los principales componentes que dependen al momento de familiarizarse, y encontrar de manera adecuada los accesorio. Se ejecuta el proceso de humidificación por vapor, ventilación centrífuga, precalentamiento y etapas que son muy importantes para que el refrigerante complete con el ciclo de Carnot.

La salida del humidificador es de 5,5 kg/h de vapor, la salida másico del sistema de ventilación puede ser en medio de 8 y 102 L/h, la potencia del

recalentador es de 1 kW, la del evaporador es de 6 kW .Posee tanto equipos electrónicos (temperatura y humedad) como mecánica (salida de oxígeno y y presión al enfriar de esta manera actúa el refrigerante).

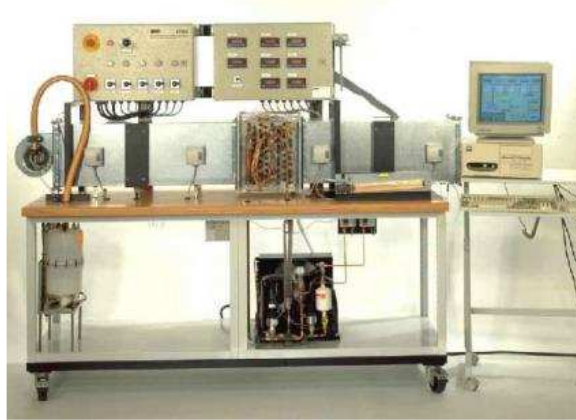


Figura 20 Adiestrador de aire acondicionado de ducto abierto (GUNT).

Fuente: Adiestrador de aire acondicionado de ducto abierto (GUNT), año 2005, recuperado junio 2015

Banco N° 3 – Panel de demostración de refrigeración (GUNT-USB)

Es uno de los equipos operacionales como los de funcionamiento chiller, cumple el mismo proceso el refrigerante en estado líquido pasa por el evaporador, en este proceso cambia térmicamente con agua y se establecen de manera entrada y salida, como cada uno de los procesos que se encuentra la materia para cumplir con el ciclo de refrigeración.

(GUNT, 2005)



Figura 21 Panel de demostración de refrigeración (GUNT-USB).

Fuente: Panel de demostración de refrigeración (GUNT-USB), año 2005

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para el trabajo de investigación se utilizaron los diferentes tipos de investigación.

3.1. INVESTIGACIÓN APLICADA

Se utilizó este tipo de investigación; ya que, su propósito es ayudar a resolver los problemas prácticos. Este tipo de investigación encaja perfectamente con los parámetros de nuestro proyecto; ya que, el objetivo principal es la reconstrucción del banco de pruebas de acondicionamiento de aire, donde se van observar los cambios de presión y temperatura del evaporador, compresor, condensador, según sea el tipo de válvula de regulación que posea el sistema, para nuestro caso la válvula de expansión termostática y válvula manual (tubo capilar).

3.2. INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Este tipo de investigación es según la aplicación del trabajo a realizarse. El presente proyecto se lo realizó en el laboratorio de maquinaria naval de la Escuela Superior Naval, para reconstrucción y modernización el banco de pruebas y simulador de un sistema de refrigeración, lo que va aumentar nuestras habilidades y destrezas acerca de los sistemas de refrigeración naval.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población escogida para realizar encuestas son los guardiamarinas de cuarto año arma; ya que, son los guardiamarinas que han recibido clases de maquinaria naval y tienen conocimiento de la materia, además han recibido la instrucción en el laboratorio de maquinaria naval, específicamente en el banco de pruebas y simulador del sistema de refrigeración naval motivo del proyecto.

Para el muestreo tomaremos la fórmula de la probabilística estratificada, debido a que tenemos a los guardiamarinas de cuarto año arma.

$$n = \frac{N(P * Q)}{(N - 1) \left(\frac{e}{K}\right)^2 + pq}$$

n= Tamaño de la muestra

N= Universo

p= Posibilidad a favor de que se cumpla la hipótesis.

q= Posibilidades en contra de que se cumpla la hipótesis.

e= Error admisible

K=2

Para calcular la muestra utilizamos la fórmula:

$$n = \frac{N(P * Q)}{(N - 1) \left(\frac{e}{K}\right)^2 + pq}$$

$$n = \frac{33(0.5 * 0.5)}{(33 - 1) \left(\frac{0.05}{2}\right)^2 + 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{8.25}{0.27}$$

$$n = 30.55$$

El número total de personas a encuestar es 31 guardiamarinas.

F= Tamaño de la fracción muestral.

$$f = \frac{n}{N}$$

$$n = \frac{31}{33}$$

$$n = 0.93$$

Tabla 1 Muestreo

ESTRATO	ELEMENTOS*F	CUPO
4TO AÑO	33*0.93	30.69
TOTAL		30.69

3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

ENCUESTAS

Para el levantamiento de la información de los elementos de muestreo (Ver Anexo 1) se elaboró una encuesta que contiene 6 preguntas.

FICHA DE OBSERVACIÓN

La ficha de observación nos ayuda a evaluar el estado que se encuentra el banco de pruebas de acondicionamiento de aire y su funcionamiento, lo cual nos da la pauta para el diagnóstico del banco de pruebas y cumplir con los objetivos de proyecto.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL LUGAR OBSERVADO

Salinas, Sector Chipipe, Escuela Superior Naval "Cmdte. Rafael Morán Valverde" Laboratorio de Maquinaria Naval.

FECHA DE REALIZACIÓN DE LA OBSERVACIÓN: Jueves 5 de Noviembre del 2015

CONSULTAS:

Toda la información que podamos recopilar acerca del tema que involucren textos, documentos, folletos, libros, biografías, afiches, información necesaria para resolver el problema del presente proyecto.

MÉTODOS UTILIZADOS

MÉTODO ANALÍTICO SINTÉTICO

Se realizó investigaciones acerca del sistema de refrigeración y su funcionamiento. Se buscó la información en todos los medios disponibles

tales como: textos, documentos, folletos, libros, biografías, afiches, para entender su funcionamiento, y su importancia para elaborar la fundamentación teórica.

MÉTODO EXPERIMENTAL

Este método manipula las variables del proyecto, da una amplia gama de experimentos a realizar, para de esta forma alcanzar los objetivos propuestos del mismo.

3.5.PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Se analizaron las encuestas y los resultados son los siguientes:

Pregunta 1: Conoce algún Sistema de Refrigeración.

Tabla 2 Conoce algún Sistema de Refrigeración.

VALIDOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	31	100%
NO	0	0%
TOTAL	31	100%

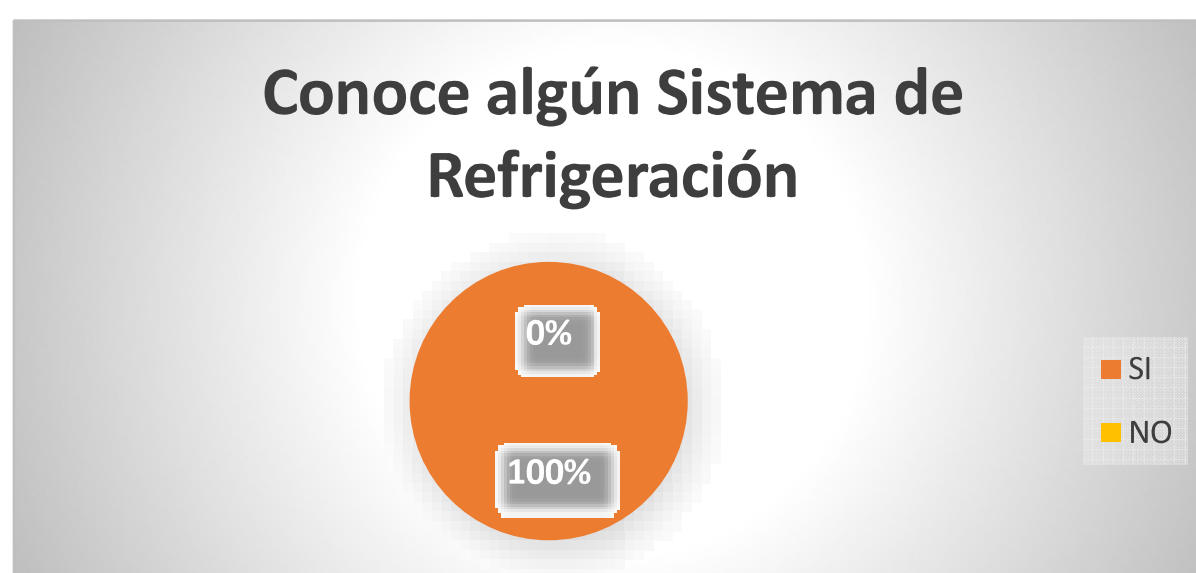


Figura 22 Conoce algún Sistema de Refrigeración.

Fuente: Tabla 2

Análisis

La presente pregunta muestra el grado de conocimiento que tienen los guardiamarinas con respecto al tema, muy importante en la Materia de Maquinaria Naval I Refrigeración por lo cual fue muy importante que se asimilaran estas clases impartidas en los conocimientos.

Pregunta 2: Conoce usted para que sirven Sistemas de Enfriamiento a Bordo

Tabla 3 Conoce usted para que sirven Sistemas de Enfriamiento a Bordo

VALIDOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	29	94%
NO	2	6%
TOTAL	31	100%



Figura 23 Conoce usted para que sirven Sistemas de Enfriamiento a Bordo

Fuente: Tabla 3

Análisis

La presente pregunta muestra que los guardiamarinas conocen los sistemas de enfriamiento a bordo, ya que un 94% de las personas respondieron sí y el 6% dijeron que no. Es muy importante porque mediante

la experiencia adquirida en las unidades se han tomado temas como refrigeración en buques.

Pregunta 3: Conoce usted como se da el confort en los camarotes y entrepuentes en las Unidades de Superficie.

Tabla 4 Conoce usted como se da el confort en los camarotes y entrepuentes en las Unidades de Superficie.

VALIDOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	23	74%
NO	8	26%
TOTAL	31	100%

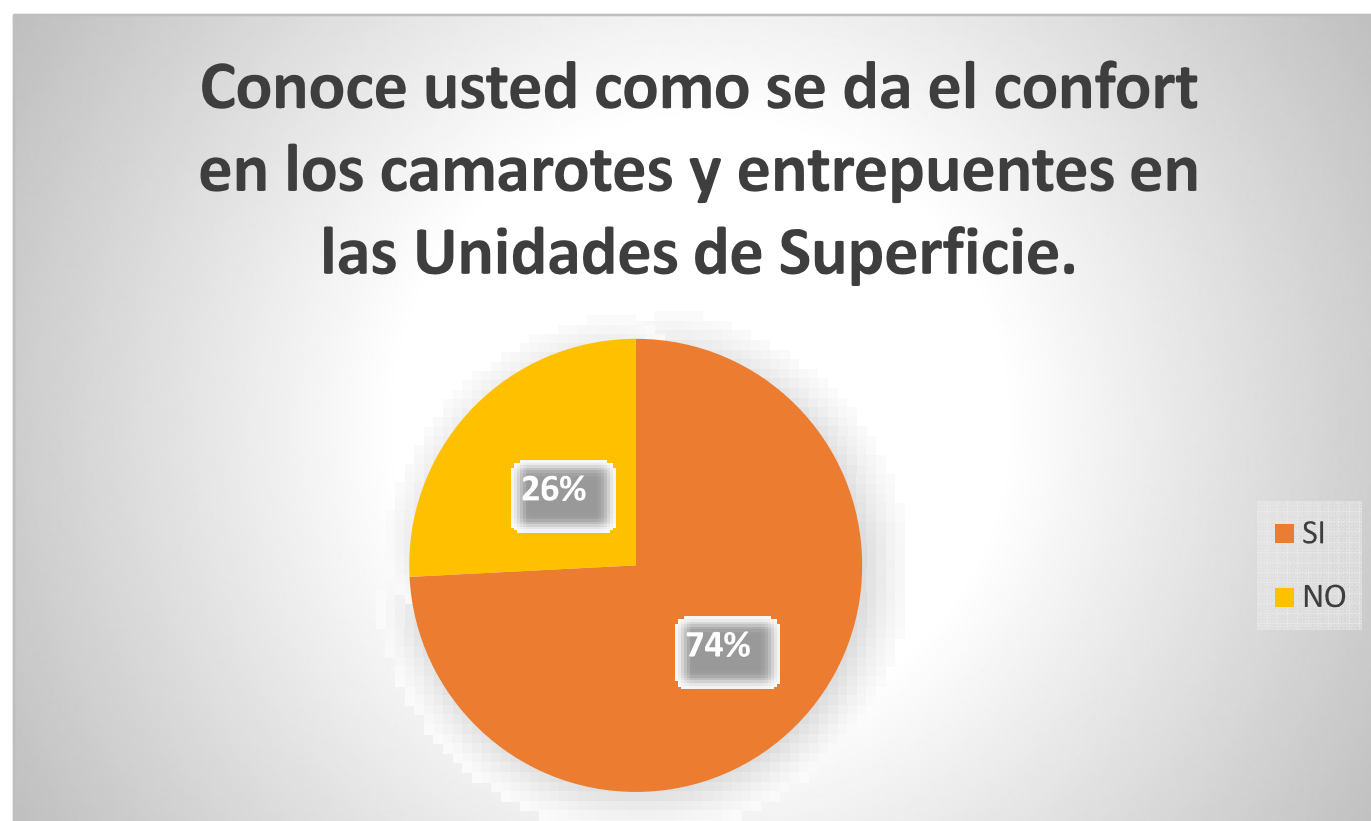


Figura 24 Conoce usted como se da el confort en los camarotes y entrepuentes en las Unidades de Superficie.

Fuente: Tabla 4

Análisis

La presente pregunta muestra que los guardiamarinas conocen el confort en los camarotes y entrepuentes, ya que 74% de las personas respondieron que si, y el 26% que no. Lo que significa que la mayoría posee conocimiento acerca del confort de los camarotes y entrepuentes a bordo de las unidades.

Pregunta 4: Debería existir en el Laboratorio de Maquinaria Naval un banco de acondicionamiento de aire similar de los de a bordo para adquirir conocimientos para desenvolvernos a bordo las Unidades de Superficie.

Tabla 5 Debería existir en el Laboratorio de Maquinaria Naval un banco de acondicionamiento de aire similar de los de a bordo para adquirir conocimientos para desenvolvernos a bordo las Unidades de Superficie.

VALIDOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	28	90%
NO	3	10%
TOTAL	31	100%

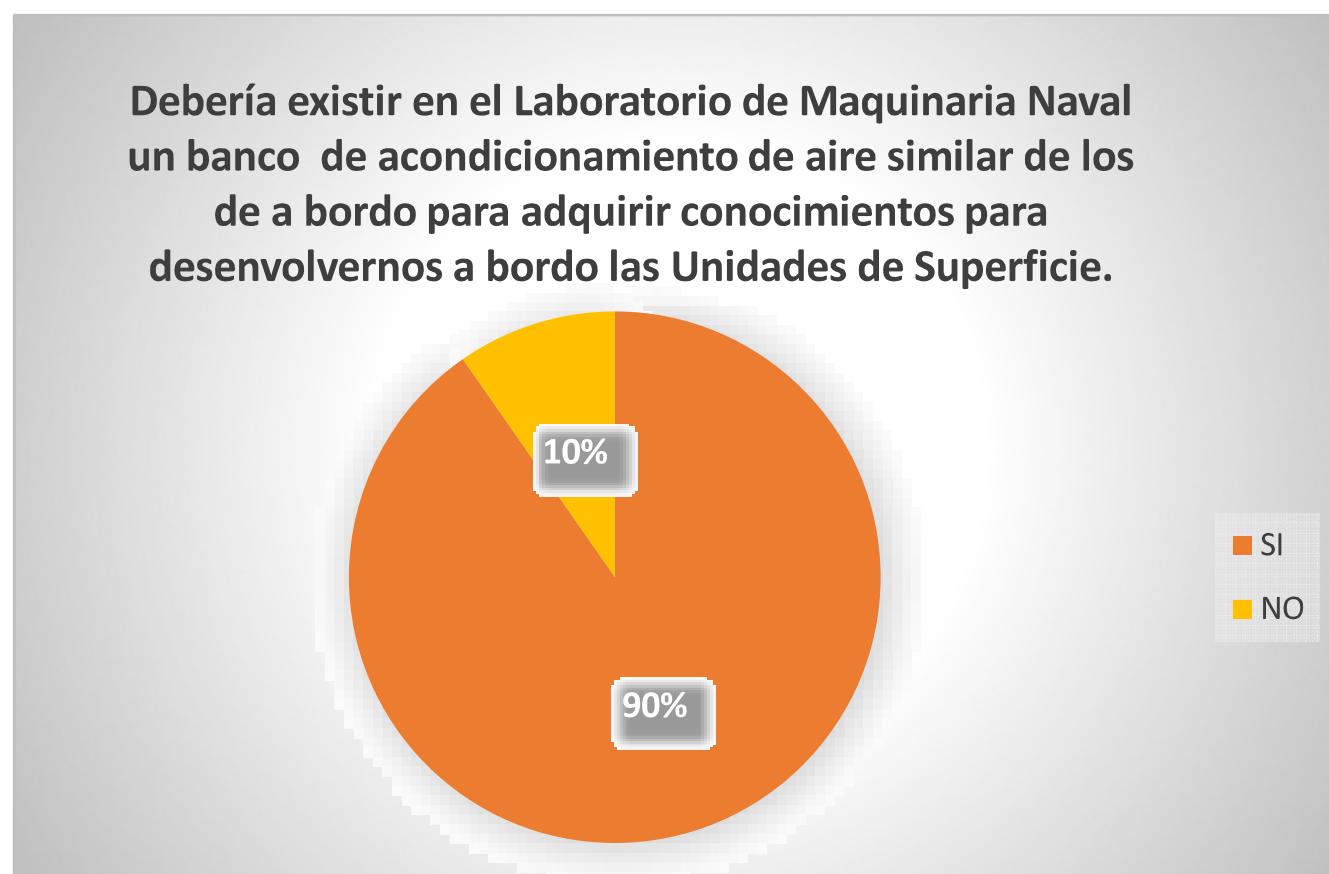


Figura 25 Debería existir en el Laboratorio de Maquinaria Naval un banco de acondicionamiento de aire similar de los de a bordo para adquirir conocimientos para desenvolvernos a bordo las Unidades de Superficie.

Fuente: Tabla 5

Análisis

La presente pregunta muestra que es necesario un banco de acondicionamiento de aire para adquirir conocimientos para desenvolvernó a bordo, ya que el 90% está de acuerdo con adquirir el banco de pruebas de acondicionamiento de aire y el 10% no está de acuerdo. Lo que significa que un banco de pruebas de acondicionamiento de aire es muy importante.

Pregunta 5: Cree usted que las prácticas en el banco de acondicionamiento de aire ayudarían al proceso de enseñanza y aprendizaje en el área de maquinaria naval.

Tabla 6 Cree usted que las prácticas en el banco de acondicionamiento de aire ayudarían al proceso de enseñanza y aprendizaje en el área de maquinaria naval.

VALIDOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	21	68%
NO	10	32%
TOTAL	31	100%

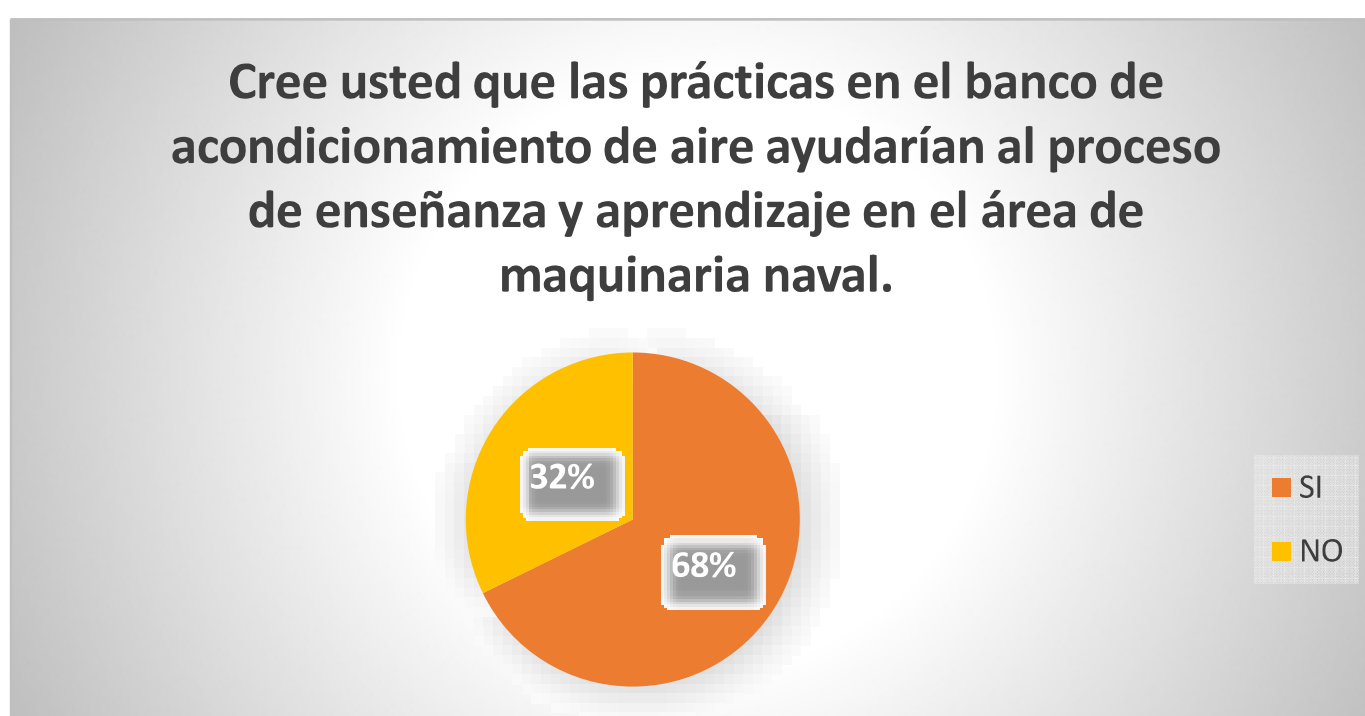


Figura 26 Cree usted que las prácticas en el banco de acondicionamiento de aire ayudarían al proceso de enseñanza y aprendizaje en el área de maquinaria naval.

Fuente. Tabla 6

Análisis

La presente pregunta muestra que las prácticas en el laboratorio de maquinaria naval son muy importantes para el desenvolvimiento a bordo de los buques, el 68% está de acuerdo que las prácticas en el banco de acondicionamiento de aire beneficiaran sus conocimientos y el 32% no está de acuerdo. Lo que significa que las prácticas son muy importantes en la vida profesional.

Pregunta 6: Cree usted que el uso de refrigerantes ecológicos evita la destrucción de la capa de ozono.

Tabla 7 Cree usted que el uso de refrigerantes ecológicos evita la destrucción de la capa de ozono.

VALIDOS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	19	63%
NO	11	37%
TOTAL	30	100%

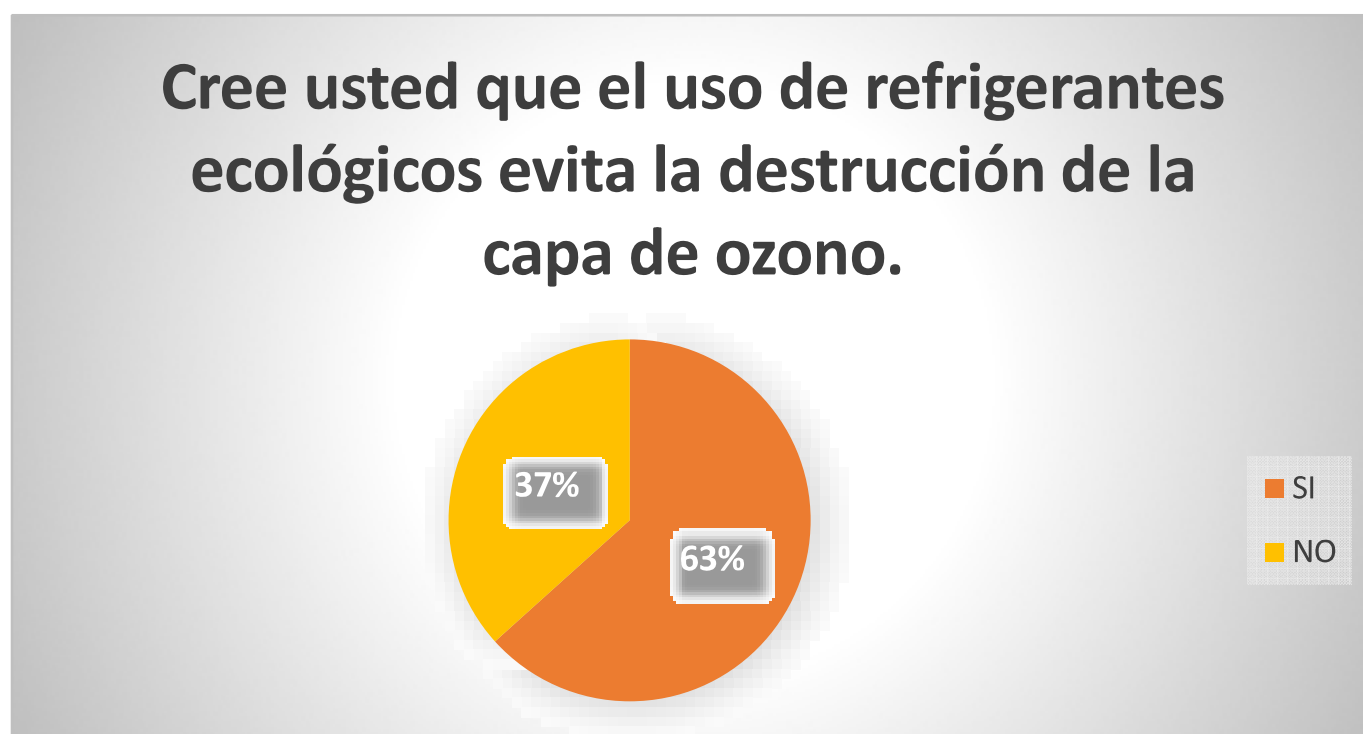


Figura 27 Cree usted que el uso de refrigerantes ecológicos evita la destrucción de la capa de ozono.

Fuente: Tabla 7

Análisis

La presente pregunta muestra que el uso de refrigerantes ecológicos evita la destrucción de la capa de ozono, es muy importante porque el 63% de personas están de acuerdo, y el 37% de personas no lo están, por lo que la mayoría piensa que el uso de refrigerantes ecológicos es de gran ayuda para el ambiente.

RESULTADO DE LA FICHA DE OBSERVACIÓN

La reconstrucción del banco de pruebas de acondicionamiento de aire se realizara en el laboratorio de Maquinaria Naval.

De acuerdo a la observación que se pudo realizar, se evaluó el estado del banco de pruebas de acondicionamiento de aire que hace años estuvo en funcionamiento; pero en la actualidad no se lo utiliza, por lo cual es necesario determinar los daños importantes en este banco de pruebas. Así como evaluar los elementos de control de temperatura y presión para cada uno de los procesos que se encuentran, siendo una ayuda muy importante para los guardiamarinas que en un futuro estarán a bordo de las unidades de la Armada del Ecuador.

CAPÍTULO IV

RECONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DEL LABORATORIO DE MAQUINARIA NAVAL Y SU CONTRIBUCIÓN AL PROCESO DE APRENDIZAJE DE GUARDIAMARINAS.

4.1. DATOS INFORMATIVOS

4.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

El plan de Licenciatura de Ciencias Navales de la Unidad Académica Especial Salinas constan asignaturas como Maquinaria Naval que son muy importantes para el desenvolvimiento y aprendizaje de los guardiamarinas en especial en la sección de refrigeración, muy importante en su vida profesional, tanto en prácticas profesionales, como las duras jornadas del Oficial de Marina, por lo que es necesario un simulador acondicionamiento que proporcione confort, mantenga alimentos frescos, equipos electrónicos en la navegación, muy importantes en el trabajo diario en el mar.

Hace 15 años el banco de pruebas de acondicionamiento de aire fue reparado para proporcionar todos los conocimientos básicos de refrigeración, después de un periodo de 3 años quedó sin funcionamiento, perjudicando el cumplimiento de las prácticas de refrigeración comprendidas en la planificación y programación de la materia Maquinaria Naval I. Así como, los guardiamarinas no tenían un banco de pruebas para obtener y comprender los cambios de temperatura y presión que se generan durante el funcionamiento de dicha herramienta didáctica en la asignatura de Maquinaria Naval I refrigeración.

4.3. JUSTIFICACIÓN

La presente propuesta se justifica ya que, incide directamente en el proceso de aprendizaje de los guardiamarinas; así como, el desarrollo de sus capacidades cognoscitivas.

Una vez reconstruido el banco de pruebas de acondicionamiento de aire que se encuentra en el laboratorio de Maquinaria Naval de la Escuela Superior Naval "Cmte. Rafael Morán Valverde", contribuye a la sistematización de

conocimientos de algunas áreas y experiencias educativas significativas para los guardiamarinas en lo que se relaciona a refrigeración a bordo de las unidades.

El uso del banco de pruebas de acondicionamiento de aire permite visualizar y obtener un aprendizaje objetivo del funcionamiento de los cambios de temperatura y presión que ocurren en el banco de prueba; así como, el apoyo técnico didáctico de refrigeración, muy importante en la actualidad y para poder familiarizarnos y entender su funcionamiento, mantenimiento, reparación y control que permitan un óptimo rendimiento.

4.4.OBJETIVOS

4.4.1 OBJETIVO GENERAL

Habilitar el banco de pruebas de aire acondicionado que contribuya con el proceso de aprendizaje para los guardiamarinas.

4.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el estado general del equipo evaluando su rendimiento y capacidad operativa.
- Reemplazar accesorios que se encontraban averiados por haber cumplido su ciclo de vida en el banco de pruebas para su normal funcionamiento.
- Aplicar un nivel de mantenimiento 6 para mejorar la operatividad del banco de trabajo
- Contribuir al proceso de enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Maquinaria Naval 1 en lo que se refiere en la Refrigeración a bordo.
- Elaborar un manual de funcionamiento con los requisitos necesarios para el aprendizaje de los guardiamarinas como ejemplo de práctica en los buques.

4.5 FUNDAMENTACIÓN PROPUESTA

El presente manual, provee al usuario información acerca del banco de pruebas de acondicionamiento de aire, sus componentes y la correcta forma de utilizar el simulador.

4.5.1 GUÍA DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

Encendido del Banco de Pruebas para Acondicionamiento de Aire

1. Revisar las conexiones y tomacorrientes de los cables de 220 Voltios
2. Abrir válvulas de presión manual –capilar y cerrar la válvula termostática o viceversa.
3. Verificar la libre recirculación del flujo de aire en el tablero de control (VENTILADOR) girando la perilla hasta que se encuentre en OPEN.
4. En el tablero de control verificar que EL MODO OPERACIÓN sea REGULAR.
5. Verificar que el rango de enfriamiento del TERMOSTATO 7máximo.
6. Girar la perilla de la posición off a la posición low fan. (baja velocidad del ventilador en el evaporador).
7. Para obtener una mayor velocidad de dicho ventilador mover la perilla de la posición low fan a high fan (alta velocidad del ventilador del evaporador).
8. Para obtener el encendido del compresor mover la perilla de high fan a low cool (enfriamiento bajo).
9. Para obtener un nivel alto de enfriamiento mover la perilla de low cool a high cool.
10. El banco de pruebas está listo para registrar y obtener los parámetros requeridos.

Apagado del Banco de Pruebas para Acondicionamiento de Aire

1. Después de realizar el respectivo análisis el banco de pruebas está listo para registrar y obtener los parámetros requeridos.
2. Mover la perilla en el tablero de control de high cool a low cool
3. Para obtener el apagado del compresor mover la perilla de low cool (enfriamiento bajo) a high fan.
4. Girar la perilla de high fan a low fan (baja velocidad del ventilador)
5. Girar la perilla de la posición low fan. (baja velocidad del ventilador en el evaporador) a off .
6. Verificar que el rango de enfriamiento del TERMOSTATO 1 mínimo.
7. En el tablero de control verificar que EL MODO OPERACIÓN sea ECONÓMICO.
8. Verificar el cierre del ventilador girando la perilla hasta que se encuentre en CLOSE.
9. Cerrar las válvulas de presión manual –capilar y cerrar la válvula termostática.
10. Las conexiones y tomacorrientes de los cables de 220 Voltios

4.5.2 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD PARA EL USO DEL BANCO DE PRUEBAS

- Verificar que el banco de pruebas se encuentre en el lugar adecuado para evitar problemas.
- Verificar que el cable de luz este correctamente conectado a la fuente de corriente.
- Verificar que no existan objetos en el tablero del banco de pruebas.
- Verificar que los sistemas de encendido se encuentren en off.
- Tener mucho cuidado al momento de encender el banco de pruebas.

4.5.3 MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS

- Verificar cables y la tubería de cobre se encuentre en correcto funcionamiento.
- Revisar el nivel de refrigerante.
- Verificar los manómetros se encuentre en funcionamiento.
- Revisar que el evaporador y el condensador no tengan orificios.

REGISTRO DE DATOS DE TEMPERATURA Y PRESIÓN

Apertura de la válvula	T1	T2	P1	P2	Tc1	Tc2	Pc1	Pc2	To1	To2
1/4										
1/2										
3/4										
1										

T1= Temperatura de entrada del evaporador.

T2= Temperatura de salida del evaporador.

P1= Presión entrada del evaporador.

P2= Presión de salida del evaporador.

Tc1= Temperatura de entrada del compresor

Tc2= Temperatura de salida del compresor.

Pc1= Presión entrada del compresor.

Pc2= Presión salida del compresor.

To1= Temperatura entrada del condensador.

To2= Temperatura salida del condensador.

4.5.4 COSTOS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO USD	VALOR TOTAL USD
Cable eléctrico	3 mts	2.61	7.83
Cinta aislante	2	1.20	2.40
Nitrógeno para verificar fugas	1	24,00	24,00
Soldadura de plata al 15%	1	12,50	12,50
Pasta para soldadura	2	12,00	24,00
Alquilar un equipo oxiacetilénico	1	80,00	80,00
Válvula pinchadura para realizar la carga del freón	1	4,00	4,00
Alquiler de manifold mangueras para la carga para R 22 ecológico	1	5,00	5,00
Alquiler de bomba de vacío	1	12,00	12,00
Botellas de freón R22 Ecológico	5	12,00	60,00
Pinturas de colores	4	7,50	31,50
Lija	7	0,45	3,15
Brocha	2	2,50	5,00
Cepillo de alambre	1	4,00	4,00
Espátula	2	7,50	15,00
Diluyente	1	8,00	8,00

Ruedas	4	8,00	32,00
Alquiler de suelda eléctrica	1	3,50	3,50
Juego de manómetros	5	16,00	80,00
Cambio de filtro	1	22,20	22,20
Electrodos	24	1,10	26,40
Capacitor	1	12,00	12,00
Tomacorriente de 220 V	1	10,50	10,50
TOTAL			474,75

CONCLUSIONES

- El banco de pruebas es reconstruido en su totalidad y podrá ser utilizado en prácticas de laboratorio de maquinaria naval, contribuyendo al proceso de aprendizaje de guardiamarinas.
- El aprendizaje significativo de los guardiamarinas será potenciado por cuanto podrán observar los procesos de refrigeración al usar el equipo reconstruido.
- Se elaboró una guía de funcionamiento del banco de pruebas, a fin de que los guardiamarinas realicen los pasos correctos de encendido y apagado del equipo, y asegurar la vida útil del mismo.

RECOMENDACIONES

- Se debe planificar una correcta utilización del laboratorio de maquinaria naval, a fin de que los guardiamarinas puedan solucionar cualquier inconveniente o problema que encuentren el área de refrigeración.
- Se debe mantener el banco de pruebas con el debido control evitando su descuido por parte de los guardiamarinas, para asegurar su perfecto funcionamiento.
- Se debe registrar los datos por parte de los guardiamarinas con guía de funcionamiento del banco de pruebas, a fin de mejorar procedimientos que con la experimentación empleada.

BIBLIOGRAFÍA

- PITA, E. Acondicionamiento de Aire-Principios y Sistemas. 2da. ed. México: Limusa, 2003. Pp.2
- ESPARZA, M. Diseño y Construcción de un Sistema de refrigeración de Conservación para Laboratorio. Ecuador-Riobamba, 2010. (tesis). Pp. 4
- PITA, E. Principios y Sistemas de Refrigeración. México: Limusa, 1991Pp. 15
- BUQUÉ, F. Manual Práctico de Refrigeración y Aire Acondicionado. Colombia
- RAMÍREZ, D. Diseño, construcción y pruebas de un banco de refrigeración para Laboratorio. Ecuador-Riobamba, 2008. (tesis). Pp. 35
- <http://es.slideshare.net/lafaraonadelfrio/elementos-bsicos-refrigeracin-383582>
- CÉSAR, M. A. (2011). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN. QUITO-SANGOLQUÍ.
- CLEMENTINA, C. C. (2011). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA LABORATORIO. RIOBAMBA-ECUADOR: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- GUNT. (2005). http://www.gunt.de/static/s1_3.php?p1=&p2=&pN=. Obtenido de http://www.gunt.de/static/s1_3.php?p1=&p2=&pN=.
- HAMBURG, G. (2005). GUNT. Obtenido de EQUIPOS PARA LA EDUCACIÓN DE INGENIERÍA: http://www.gunt.de/static/s1_3.php?p1=&p2=&pN=
- HUGO, C. A. (2010). Construcción de un sistema de aire acondicionado automotriz agregándole un habitáculo. Guayaquil-Ecuador: Programa de Tecnología en Mecánica (PROMTEC).

- MARÍA, C. E. (2006). Diseño y Automatización de un Banco de Pruebas para Supervisores Monofásicos. Sartenejas: UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR.
- RAMÓN, A. Z., & RAMOS GARCÍA , Y. (2004). Manual de prácticas e implementación de un banco de pruebas para equipos de aire acondicionado tipo ventana. Poza Rica de Hidalgo, Veracruz: FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA.
- TECHNOLOGIES, E. C. (2015). MANUAL TÉCNICO DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO. EMERSON
- http://www.cec.uchile.cl/~roroman/cap_08/cic-vapor.htm
- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/estadistica/carnot/carnot.htm>
- <http://2marias.tumblr.com/post/17602609012/ciclos-termodinamicos-maria-arroyo>
- <http://www.monografias.com/trabajos31/capacidad-calorifera/capacidad-calorifera.shtml>
- <http://es.slideshare.net/lafaraonadelfrio/elementos-bsicos-refrigeracin-383582>
- Ayudas académicas del profesor
- http://raa-enciso-munguia-alain.blogspot.com/2010_11_01_archive.html
- <http://es.slideshare.net/lescaniarcos/filtros-deshidratadores>
- http://www.gunt.de/static/s22_3.php?p1=&p2=&pN