



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**

TEMA:

**Metodología para el uso del R290 en sustitución del R22 en
acondicionadores de aire tipo ventana ubicados en la Facultad de
Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG para mejorar su
eficiencia energética.**

AUTOR

Echeverría Cruz, Jonathan Gabriel

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Eléctrico Mecánico**

TUTOR:

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo MSc.

Guayaquil, Ecuador

16 de septiembre del 2019



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Echeverría Cruz, Jonathan Gabriel**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico–Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**

TUTOR

f. _____

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 16 del mes de septiembre del año 2019



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Echeverría Cruz, Jonathan Gabriel

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **“Metodología para el uso del R290 en sustitución del R22 en acondicionadores de aire tipo ventana ubicados en la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la UCSG para mejorar su eficiencia energética.”**

previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico–Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 16 del mes de septiembre del año 2019

EL AUTOR

f. _____

Echeverría Cruz, Jonathan Gabriel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, Echeverría Cruz, Jonathan Gabriel

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **“Metodología para el uso del R290 en sustitución del R22 en acondicionadores de aire tipo ventana ubicados en la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la UCSG para mejorar su eficiencia energética.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

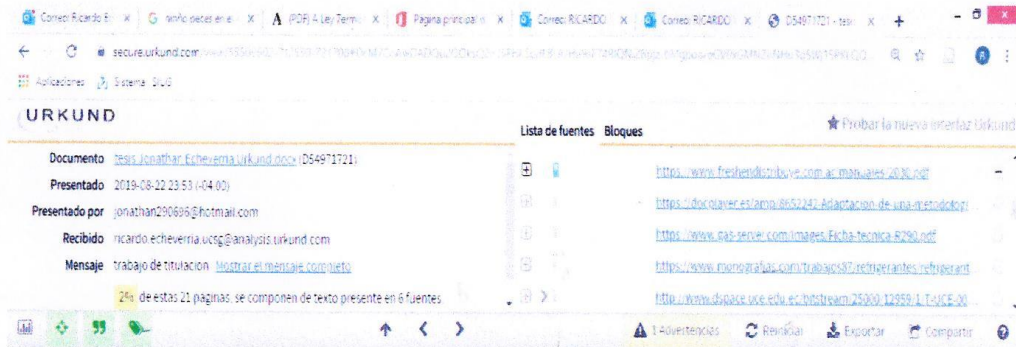
Guayaquil, a los 16 del mes de septiembre del año 2019

AUTOR:

f. _____

Echeverría Cruz, Jonathan Gabriel

REPORTE URKUND



FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

TEMA: "Metodología para el uso del R290 en sustitución del R22 en acondicionadores de aire tipo ventana ubicados en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG para mejorar su eficiencia energética."

AUTOR: Jonathan Gabriel Echeverría Cruz

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO ELECTRICO-MECANICO

TUTOR: Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Guayaquil, Ecuador 23 de agosto del 2019

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICO-MECANICO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Echeverría Cruz Jonathan Gabriel, como requerimiento para la obtención del Título de INGENIERO EN ELECTRICO-MECANICO

TUTOR: Bohórquez Escobar, Celso Bayardo

Atentamente


Ing. Bayardo Bohórquez E. Msc.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a Dios por haberme permitido llegar y cumplir una etapa más en mi vida, por haberme guiado y otorgado las herramientas necesarias para seguir en los momentos difíciles de la vida y de la carrera, por hacerme ver que siempre hay una solución ante cada problema no importa el tamaño que sea.

Quiero agradecer a mis padres, por todo lo que me han dado en esta vida, por enseñarme y educarme siempre de la mejor manera, por nutrirme de sus sabios consejos y también por sus sermones y repeladas. Gracias, mamá, Gracias papá. También quiero agradecer a mi hermano que de una u otra manera supo brindarme su apoyo, gracias Familia.

Agradecer a mi novia por todo lo que ha hecho por mí, por sus consejos y ser esa voz de aliento que necesite a lo largo de mi carrera.

Agradecidos con todos, absolutamente todos los que de alguna u otra manera me brindaron su ayuda, su apoyo, y fueron parte de este proceso para mi formación como profesional, gracias a mis docentes por todas las enseñanzas que me brindaron.

Gracias por todo.

Jonathan Gabriel, Echeverría Cruz.

DEDICATORIA

Les dedico a este trabajo de titulación y título universitario a mis padres, Roció y Xavier, mi hermano Ricardo, a mi novia Karina, a mi muñeco Swing, a mis abuelitos, y a toda mi familia en general que formaron parte de este proceso tan bonito, supieron brindarme su apoyo de diferentes maneras y cuando lo necesite.

Dedico también este título a mis familiares que ya no están en este mundo terrenal y sé que desde arriba me guiaron para poder culminar de la mejor manera este proceso.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
Facultad de Educación Técnica para el desarrollo
Carrera Ingeniería Eléctrica-Mecánica

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Msc. Romero Paz, Manuel De Jesús
DECANO

f. _____

MSc. Palacios Meléndez Edwin Fernando
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Msc. Philco Asqui, Luis Orlando.
OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE TABLAS.....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRAC.....	XVII
Capítulo 1.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Metodología de Investigación.....	4
Capítulo 2.....	5
Marco Teórico.....	5
2.1 Eficiencia energética.....	5
2.2 Tipos de energía.....	5
Energías Primarias:.....	5
Energías Secundarias:.....	6
2.3 Leyes de la termodinámica.....	6
2.3.1 Primera ley de la termodinámica.....	6

2.3.2 Segunda ley de la termodinámica.....	8
2.4 Transferencia de calor.....	9
2.5 Tipos de transferencias de calor	9
2.6 Refrigeración	12
2.7 Sistemas de refrigeración.....	13
2.8 Sistemas de climatización	15
2.9 Aire acondicionado	15
2.9.1 Elementos de básico de un aire acondicionado y sus funciones .	16
2.10 Tipos de Acondicionadores de aire	23
2.11 Aire acondicionado Compacto	24
2.11.1 Aire acondicionado portátil.....	26
2.11.2 Aire acondicionado tipo split	29
2.11.3 Sistema de central separado	33
2.11.4 Sistema tipo paquete.	35
2.11.5 Sistema tipo chiller.....	37
Capítulo 3	39
3.1 Refrigerantes	39
3.2 Características de los refrigerantes	40
3.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	40
3.2.2 CARACTERÍSTICAS TERMODINÁMICAS.....	41
3.2.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	42
3.2.4 Características de seguridad.....	43
3.3 Identificación de los refrigerantes	43

3.4	Clasificación de los refrigerantes	44
3.5	Refrigerante r22.....	48
3.5.1	Propiedades físicas y químicas.....	48
3.5.2	Compatibilidad con los materiales.....	49
3.5.3	Toxicidad y almacenamiento.....	49
3.5.4	Gráfica de presiones del refrigerante r22	49
3.6	Refrigerante Propano (R290).....	50
3.6.1	Características y aplicaciones.....	50
3.6.2	Propiedades físicas.....	51
3.6.3	Condiciones de Evaporación (Cond. Evap).....	51
3.6.4	Condiciones de Condensación (Cond. Condens.)	52
3.6.5	Aceites compatibles.....	52
3.6.6	Inflamabilidad del propano.....	53
3.6.7	Tabla de presión/temperatura	54
3.6.8	Normas de seguridad.....	54
3.6.9	Equipos de protección personal	55
Capítulo 4	56
4.1	Adaptabilidad del propano como reemplazo del refrigerante R22 ..	56
4.2	Comparación entre el refrigerante R22 y el propano R290.....	57
4.3	Diferencia entre las presiones alta y baja del sistema de aire acondicionado	58
4.4	Diferencia entre las presiones alta y baja del sistema de aire acondicionado.....	58
4.5	Metodología para la reconversión de refrigerante R22 a R290.	59

CAPITULO 5.....	63
5.1 Conclusiones.....	63
5.2 Recomendaciones	64
REFERENCIAS	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1: Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado.	17
Figura 2. 2: Secciones de un compresor centrífugo de levitación neumática	19
Figura 2. 3: Aire de ventana.....	24
Figura 2. 4: Partes de un aire acondicionado tipo compacto	25
Figura 2. 5: Vista frontal de aire acondicionado portátil	26
Figura 2. 6: Vista posterior de aire acondicionado portátil	27
Figura 2. 7: Vista de tubo flexible de aire acondicionado portátil.	27
Figura 2. 8: Detalle de instalación de tubo flexible a la ventana.	28
Figura 2. 9: Altura máxima y mínima de colocación de tubo flexible.....	28
Figura 2. 10 Requisito de ubicación de aire acondicionado portátil.	28
Figura 2. 11: Sistema de aire acondicionado tipo split.....	30
Figura 2. 12 : Tipos de unidades evaporadoras.....	31
Figura 2. 13: Instalación y distancias mínimas de Sistema de aire acondicionado tipo Split.	32
Figura 2. 14: Unidad evaporado y condensadora de sistema central separado.....	33
Figura 2. 15: Ubicación de equipos y distribución de ductos del sistema de sistemas de aire acondicionado separado.....	34
Figura 2. 16: Sistema tipo paquete.	35
Figura 2. 17: Detalle de descarga horizontal.	36
Figura 2. 18: Detalle de descarga vertical.....	36

Figura 2. 19: Sistema de aire acondicionado tipo Chiller. 38

INDICE TABLAS

Tabla 2. 1: Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire tipo compacto.	26
Tabla 2. 2: Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire portátil.	29
Tabla 2. 3: Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire tipo Split.	33
Tabla 2. 4: Ventajas y desventajas de Sistema de central separado.	34
Tabla 2. 5: Ventajas y desventajas de Sistema tipo paquete.	36
Tabla 2. 6: Ventajas y desventajas de Sistema tipo Chiller.	38
Tabla 3. 1: Clasificación de los refrigerantes.	47
Tabla 3. 2: Propiedades físicas y químicas.	48
Tabla 3. 3: Tabla de datos del R22 a diferentes temperaturas.	50
Tabla 3. 4: Propiedades físicas.	51
Tabla 3. 5: Tabla de aceites compatibles.	53
Tabla 3. 6: Inflamabilidad del propano.	53
Tabla 3. 7: Tabla de presión/temperatura.	54
4. 1: Diferencias de potencial de destrucción de la capa de ozono/ Potencial de Calentamiento Global.	56
4. 2: Propiedades Termofísicas de los gases R-22 Y R-290.	57
4. 3: Diferencia entre las presiones alta y baja del sistema de aire acondicionado.	58

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación como objetivo general se enfoca en realizar una guía metodológica para realizar la sustitución del refrigerante R-22 por el R-290 en acondicionadores de aire tipo ventana de 24.000 btu. Para ello se estudió y analizo el comportamiento de ambos refrigerantes. La metodología que se empleó fue documental, descriptiva y explicativa. Para analizar este comportamiento nos basamos en los datos y características que tienen cada refrigerante así como, los diagramas de Mollier, tablas de presiones/temperaturas, aceites compatibles, características físicas, químicas y termodinámicas. Se plasman las propiedades de ambos refrigerantes y se analiza el trabajo que realizaría el compresor con ambos refrigerantes en base a datos teóricos. Se plantea los pasos a seguir en la metodología para la reconversión, así como también los pasos a seguir cuando un equipo no esté listo para la sustitución del refrigerante y presenten daños como fuga de gas refrigerante y compresor averiado. Se espera que con este trabajo se contribuya a la reutilización de los equipos que fueron diseñados para operar con R-22, a mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental que se genera con el uso de los refrigerantes.

Palabras Claves: REFRIGERANTES, EFICIENCIA ENERGÉTICA, RECONVERSIÓN, REFRIGERACIÓN, CLIMATIZACIÓN.

ABSTRAC

In this titration work, as a general objective, it focuses on carrying out a methodological guide to replace the R-22 refrigerant with the R-290 in 24,000 btu window type air conditioners. For this, the behavior of both refrigerants was studied and analyzed.

The methodology used was documentary, descriptive and explanatory. To analyze this behavior, we rely on the data and characteristics of each refrigerant as well as the Mollier diagrams, pressure / temperature tables, compatible oils, physical, chemical and thermodynamic characteristics. The properties of both refrigerants are reflected and the work of the compressor with both refrigerants is analyzed based on theoretical data. The steps to follow in the methodology for the conversion are considered, as well as the steps to follow when a device is not ready for the replacement of the refrigerant and presents damages such as leakage of refrigerant gas and broken compressor. It is expected that this work will contribute to the reuse of equipment that was designed to operate with R-22, improve energy efficiency and reduce the environmental impact generated by the use of refrigerants.

Keywords: REFRIGERANTS, EFFICIENCY, ENERGY, CONVERSION, REFRIGERATION, AIR CONDITIONING

Capítulo 1

1.1 Introducción

La refrigeración a nivel mundial se expande rápidamente y es aplicada en muchos ámbitos, como para la conservación de alimentos, en el campo medicinal, en la climatización de sitios ya sean industriales, edificios y de uso doméstico.

Los refrigerantes con el tiempo se han unido a la evolución debido a que han sido condicionados en una gran medida por factores ambientales. Han pasado de la gama que destruían a la capa de ozono a los actualmente llamados “refrigerantes ecológicos”, los mismo que están en pleno desarrollo.

Hoy en día los sistemas de climatización (acondicionadores de aires) y refrigeración tienen una gran importancia para el desarrollo de un adecuado clima organizacional en los sectores de servicios y productivos, especialmente hay gran demanda en los países que se encuentran ubicados en la región tropical del planeta.

Entre todos los sistemas de climatización el más utilizado es el de compresión de vapor, entre sus componentes tiene compresor que este posee un motor eléctrico y la energía que consume ese compresor representa al 95% de la total.

Dentro de toda instalación de refrigeración y climatización funciona con un gas refrigerante que en algunos casos se encuentran regulados por sus efectos perjudiciales al medio ambiente. Entre todos estos refrigerantes el más común y que se vienen utilizando desde los años 50 del siglo pasado fue el R22, hasta que con investigaciones se descubrió que este tiene un gran efecto negativo en la capa de ozono. Este gas refrigerante es una de las sustancias reguladas por el protocolo Montreal y con esto se prevé su eliminación total el año 2015 en los países desarrollados y el para el 2030 en el resto de las naciones.

En la actualidad en el Ecuador hay una gran mayoría de equipos de aire acondicionado doméstico que trabajan con el refrigerante R-22 el cual genera un impacto ambiental negativo. Por ello mediante este trabajo de investigación se busca la factibilidad de uso de otro tipo de refrigerante, en este caso el (R-290)

1.2 Planteamiento del problema

La falta de una metodología para el uso del R290 en sustitución del R22 en acondicionadores de aires tipo ventana para mejorar su eficiencia energética

1.3 Justificación del problema

Con el estudio del comportamiento de ambos refrigerantes se pretende determinar la factibilidad del uso del R-290 en los equipos de acondicionadores reemplazando el R-22 para mejorar su eficiencia energética.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Realizar una metodología para el uso del refrigerante R290 para la reconversión de acondicionadores de aire tipo ventana de 24.000 btu para mejorar eficiencia energética.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estudiar las propiedades del R22 que se utilizan en los acondicionadores de aires tipo ventana
- Analizar las propiedades de R 290 para su uso.

- Comparar los resultados para la sustitución del R22 e incentivar el uso del R 290 y mejorar la eficiencia energética.

1.5 Metodología de Investigación.

El presente documento considera el uso de los siguientes tipos de investigación:

Investigación documental

La investigación documental “Es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impreso u otros tipos de documentos” (Arias, 1999, p. 34)

La investigación documental es un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas. Como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos. (Arias, 2012, p. 27)

En este proyecto se utilizará la investigación documental, debida que se obtendrá gran información de libros, folletos, revistas científicas, fuentes confiables para el desarrollo del tema.

Descriptiva: “Buscan especificar, describir las propiedades, características de procesos, objetos o cualquier otro objeto que se someta a un análisis” (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, p. 80)

Explicativo “se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa - efecto”(Arias, 1999, p. 33)

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Eficiencia energética

Es la reducción del consumo de energía y de combustibles que utilizamos, pero conservando la calidad y acceso a los bienes y servicios. En otras palabras, usar la energía de forma eficiente, significa lograr que la energía sirva para el uso que queremos darle, disminuyendo o evitando pérdidas de energía.

Eficiencia Energética no es Ahorro de Energía. El uso eficiente de la energía busca producir el efecto deseado (calor, luz, movimiento, etc.) evitando que se pierda energía. El ahorro de energía significa disminuir el consumo energético, dejando de realizar ciertas actividades, o reduciendo su frecuencia. El ahorro de energía está normalmente asociado a momentos de escasez, en esos casos se conoce como racionamiento. Dejar de usar energía aun cuando es necesario -como no usar la calefacción en el invierno o no usar suficiente iluminación durante la noche- no son formas eficientes de usar la energía, a pesar de que pueden significar importantes ahorros en el gasto energético. Por definición, un artefacto que no está funcionando no genera eficiencia. (Metrogas, 2018, p. 1)

2.2 Tipos de energía

Los tipos de energía según Metrogas son los siguientes:

Energías Primarias: Se denomina energía primaria a los recursos naturales disponibles en forma directa (como la energía hidráulica, eólica y solar) o indirecta (después de ser extraído por un proceso minero, como el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, etc.) para su uso energético sin necesidad de someterlos a un proceso de transformación. Por ejemplo, la

energía solar puede ser usada tanto para calentar agua, como para producir electricidad a través de una celda fotoeléctrica.

Energías Secundarias: Se denomina energía secundaria a los productos resultantes de las transformaciones o elaboración de recursos energéticos naturales (primarios) o, en determinados casos, a partir de otra fuente energética ya elaborada (por ej. alquitrán). El único origen posible de toda energía secundaria es un centro de transformación y el único destino posible, un centro de consumo. Este proceso de transformación puede ser físico, químico o bioquímico, modificándose así sus características iniciales. Son fuentes energéticas secundarias la electricidad, toda la gama de derivados del petróleo, el carbón mineral y el gas manufacturado (o gas de ciudad). El grupo de los derivados del petróleo incluye una amplia variedad de productos energéticos útiles que se obtienen a partir del procesamiento del petróleo en las refinerías, entre los cuales se encuentran las gasolinas, los combustibles diesel (gasóleos) y otros. (2018, p. 2)

2.3 Leyes de la termodinámica

La energía de un sistema se puede presentar en varias formas, así, por ejemplo: en energía cinética, potencial, térmica, eléctrica, mecánica, etc. “el objetivo de la termodinámica es investigar las relaciones que existen entre las diferentes clases de energía y sus manifestaciones diversas. Las leyes de la termodinámica rigen la transformación de un tipo de energía a otro”. (Castellán, 1987, p. 98)

2.3.1 Primera ley de la termodinámica

“La primera ley de la termodinámica es el enunciado más general de esta ley de la conservación de la energía es un generalización de la experiencia y no es posible obtenerla de otros principios”.(Castellán, 1987, p. 98)

“La primera ley de la termodinámica no presenta restricción alguna respecto a la conversión de energía de una forma a otra; solo exige que la cantidad total de energía sea la misma antes y después de la conversión” (Castellán, 1987, p. 99)

La primera ley de la termodinámica, conocida también como principio de conservación de la energía, expresa que “la energía no se puede crear ni destruir durante un proceso, sólo puede cambiar de forma” (Engel & Boles, 2009, p. 70)

En la primera ley de termodinámica tenemos que “La energía puede cambiar de forma”, no se puede crear ni destruir. Esta primera ley también es conocida como “principio de la conservación de la energía”.

Esta ley nos indica que si se produce un aumento de alguna de las formas de energía, esta debe estar acompañado por la disminución en alguna otra forma de energía. Esto quiero decir que toda cantidad de energía debe tomarse en cuenta por más que pequeña que sea durante el curso de un proceso para realizar el balance necesario en todo análisis.

Para que cualquier sistema el balance de energía que se somete a un proceso se puede expresar como:

$$E_{entrada} - E_{salida} = \Delta E_{sistema}$$

El cambio neto que se produce en la energía total de un sistema durante el curso de un proceso, este es igual a la diferencia que hay entre la energía total que ingresa con la energía total que sale.

La energía que un sistema pierde o gana durante un proceso, es la energía la cual se puede transferir, este resultado se da mediante estas 3 formas:

- Calor
- Trabajo
- Flujo másico

En el caso de un sistema cerrado que experimenta un ciclo, los estados son idénticos (inicial y final). Con esto el balance de energía para un ciclo se simplifica.

$$\Delta E_{\text{sistema}} = E_{\text{entrada}} - E_{\text{salida}} = 0 \quad E_{\text{entrada}} = E_{\text{salida}}$$

2.3.2 Segunda ley de la termodinámica

“La segunda Ley de la Termodinámica trata de la dirección de los procesos naturales. En combinación con la Primera Ley, permite predecir la dirección natural de cualquier proceso y como resultado pronosticar la situación de equilibrio” (Castellán, 1987, p. 100)

Esta segunda ley de la termodinámica va relacionada de acuerdo con la calidad de energía, contrario a lo que es la primera de ley, que se relaciona con la cantidad de energía y la transformación que tome de una a otra forma sin darle importancia en su calidad.

Esta ley nos brinda los medios necesarios para poder determinar la calidad y también el nivel de degradación de la energía durante un proceso.

Todo el trabajo se puede convertir en calor, pero no todo calor puede convertirse en trabajo.

Existen dos enunciados muy importantes en la Segunda Ley de la Termodinámica, las cuales son:

□ Enunciado de Kelvin - Planck: “Es imposible que un dispositivo que opera en un ciclo reciba calor de un solo depósito y produzca una cantidad neta de trabajo” (Cengel, 2009, pág. 289). Lo que este enunciado nos quiere indicar es que ninguna maquina térmica es capaz de convertir todo el calor que recibe en trabajo útil. Por lo tanto ninguna maquina térmica tiene una eficiencia de 100%

□ Enunciado de Clausius: “Es imposible construir un dispositivo que opere en un ciclo sin que produzca ningún otro efecto que la transferencia de calor de un cuerpo de menor temperatura a otro de mayor temperatura” (Cengel,

2009, pág. 294). Esto quiere decir que el calor no puede fluir espontáneamente desde un objeto frío a otro cálido. Este enunciado no está diciendo que es casi imposible no poder construir una máquina o dispositivo cíclico que permita transferir calor de un medio frío o medio más caliente, de hecho eso es lo que hace un refrigerador doméstico. Por lo que el dicho enunciado establece que un refrigerador no podrá operar a menos que el compresor sea propulsado mediante una fuente de energía externa, como lo es un motor eléctrico. Por lo tanto el calor solo podrá fluir desde el cuerpo más frío hacia el más cálido si es efectuado trabajo sobre el sistema. Este último proceso es que también conocido y aplicado en la refrigeración por compresión de vapor.

2.4 Transferencia de calor

“La transferencia de calor es la ciencia que trata de predecir el intercambio de energía que puede tener lugar entre cuerpos materiales, como resultado de una diferencia de temperatura”. (Holman & Valenzuela, 1986, p. 17)

La transferencia de calor completa al primer y segundo principios de la termodinámica, al proporcionar reglas experimentales adicionales que se pueden utilizar para establecer rapidez de transferencia de energía. (Holman & Valenzuela, 1986, p. 17)

Solo podrá haber transferencia de calor entre dos o un sistema y sus alrededores, cuando estos sistemas tengan una diferencia de temperatura, mientras mayor sea la diferencia de temperatura, mayor será la transferencia de calor.

2.5 Tipos de transferencias de calor

- **Conducción**

La conducción es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes, menos energéticas,

como resultado de la interacción entre ellas. (Cengel, Perez, & Enríquez, 2007, p. 1)

Este tipo de transferencia de calor se produce por medio de un contacto material directo entre sus partículas, cuando hay una diferencia de temperatura, por consiguiente se deduce que se produce un movimiento de sus micros partículas. La transferencia de calor por conducción en los líquidos y gases solo es posible que se dé si se excluye la posibilidad de convección; es decir, solo existe conducción pura.

La ley de Fourier afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo.(Taza, 2017, p. 24)

La transferencia de calor a través de la conducción concierne a la transmisión de energía desde un cuerpo más caliente hacia el otro más frío, hasta que haya en ambos cuerpos un equilibrio térmico.

- **Convección – advección**

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. La presencia de movimiento masivo del fluido acrecienta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las razones de esa transferencia.(Cengel et al., 2007, p. 25)

Dentro de la convección tenemos que existen 2 tipos

- Forzada
- Natural

En la convección térmica tenemos que el movimiento del fluido se es causado exclusivamente por las diferentes densidades ocasionadas por un calentamiento de manera desigual, haciendo que el aire que se encuentra más caliente ascienda de manera vertical por tener mayor empuje.

Mientras que la convección forzada también llamada advección dice que el calor se transporta por medio del viento y por lo tanto tenemos que flujo de calor no solo va a depender de la variación de temperatura que existe sino también de la velocidad del viento.

Para que se pueda realizar la transferencia de calor por convección debemos tener la intervención de dispositivos o maquinarias como ventiladores, bombas, agitadores u otros.

Para medir la rapidez con la se efectúa la transferencia de calor por convección se utiliza una ecuación dada por la ley de Newton del enfriamiento, la cual dice que la transferencia de calor es proporcional a la diferencia de temperatura.

$$Q_{conv} = hAs(T_s - T^\infty)$$

H= coeficiente de transferencia de calor por convección (en $W/m^2 \cdot C^\circ$ o $Btu/h \cdot ft^2 \cdot F^\circ$).

As es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección

T_s es la temperatura de la superficie

T^∞ = es la temperatura el fluido suficientemente alejado de esta superficie.

- **Radiación**

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas.

La transferencia de calor por medio de la radiación no necesita la presencia de un medio que intervenga. Es la más rápida y esta no sufre atenuación en un vacío.

La radiación es un fenómeno volumétrico donde todos los sólidos, gases y líquidos, absorben, transmiten y emiten radiación en diversos grados.

La razón máxima de la radiación que se es permitido emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T , (en K o R) es expresada por la ley de Stefan-Boltzman como:

$$Q_{\text{emitida max}} = \sigma A_s T_s^4$$

Donde $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ esta es la constante de Stefan-Boltzman.

Esta constante expresa que la radiación que es emitida por todas aquellas superficies reales será menor que las que son emitidas por un cuerpo negro a la misma temperatura.

Cuando una superficie de emisividad ε y área superficial A_s , a una temperatura termodinámica T_s , está por completo encerrada por una superficie mucho más grande (o negra), a una temperatura termodinámica T_{alred} , y separada por un gas (como el aire) que no interfiere con la radiación, la razón neta de la transferencia de calor por radiación entre estas dos superficies se da por

$$Q_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma A_s (T_s^4 - T_{\text{alred}}^4). \text{ (Cengel et al., 2007, p. 27)}$$

2.6 Refrigeración

La refrigeración forma parte de una de las ramas de la ciencia, su función es de reducir y mantener la temperatura de un espacio o producto más que baja que su alrededor. En cualquiera de los procesos de refrigeración, el cuerpo que se utiliza como absorbente de calor se llama agente refrigerante o agente de refrigeración.

Los procesos de refrigeración están conformados por en 2 procesos: sensible y latente. El proceso sensible es cuando la temperatura del agente refrigerante varía al absorber calor. Mientras que el proceso latente es cuando la temperatura del agente refrigerante al momento de absorber calor, permanecerá constante y causa cambio de estado. En ambos procesos la temperatura del agente refrigerante es menor que la temperatura del espacio por refrigerar.

Del latín refrigeración, la refrigeración es la acción y efecto de refrigerar. Este verbo hace referencia al hecho de hacer más fría una habitación, una sala u otra cosa a través de medios artificiales. Por extensión, refrigerar es enfriar en cámaras especiales distintos alimentos o productos para su conservación. Además, el término refrigeración está vinculado al refrigerio, aquel alimento que se toma para reparar las fuerzas. (Vinueza, 2016, p. 28)

Una de las principales áreas de aplicación de la termodinámica es la refrigeración. Que es la transferencia de calor de una región de temperatura inferior hacia una de temperatura superior. Los ciclos en los que operan se denominan ciclos de refrigeración. El ciclo de refrigeración más frecuente constituye el ciclo de refrigeración por compresión de vapor. (Sandoval & Salgado, 2013, p. 21)

2.7 Sistemas de refrigeración

Existen varios tipos de sistemas de refrigeración entre los cuales tenemos:

- Absorción
- Compresión
- Refrigeración por absorción

La refrigeración mediante este ciclo el de absorción fue desarrollado por Sir John Leslie, el cual utilizó el ácido sulfúrico y el agua. El ácido cumplía la función de absorbente y el agua como refrigerante.

Ferdinand Carre por el año de 1859, invento la primera máquina de absorción.

En lo que concierne los ciclos de absorción están basados en la capacidad que poseen algunas sustancias para poder absorber en fase líquida los vapores de otras sustancias. Con las reacciones Físicoquímicas entre un refrigerante y un absorbente: Son Accionadas por una energía térmica.

La absorción como término es utilizada para poder clasificar a uno de los ciclos de refrigeración. Tiene relación con procesos químicos y físicos que se manifiestan al entrar al contacto con gases y líquidos o gases y sólidos.

En la refrigeración cuando el amoníaco gaseoso se pone en contacto con agua líquida, el agua absorbe al amoníaco formándose así una solución líquida de hidróxido de amonio desprendiendo una determinada cantidad de calor.

El refrigerante amoníaco es el más comúnmente usado en los sistemas de refrigeración por absorción debido a sus propiedades y el agua tiene la capacidad de absorber el vapor de amoníaco con mucha rapidez.

Refrigeración por compresión de vapor

El objetivo que tiene un sistema de refrigeración es de mantener una zona o región fría a una temperatura menor a la del entorno.

Para realizar el proceso de refrigeración por medio de la compresión de vapor se necesita un gas refrigerante que se encuentre en estado líquido por medio de un dispositivo de expansión dentro de un evaporador (intercambiador de calor).

Para poder evaporarse se necesita que absorba calor latente de evaporización. Cuando se evapora el líquido refrigerante cambia inmediatamente a su estado de vapor. Mientras se produce ese cambio de estado, el refrigerante cuando se encuentra en estado de vapor absorbe energía térmica del medio en contacto con el evaporador, ya sea dicho medio se encuentre en estado líquido o gaseoso. Se denomina carga térmica a la cantidad de calor que se encuentra en el ambiente. Después de

que se produce el intercambio energético, un compresor mecánico es el encargado de elevar o aumentar la presión del vapor para poder condensarlo dentro del condensador (otro intercambiador de calor).

En el condensador se liberan el calor latente como el calor sensible, ambos son componentes de la carga térmica. El aumento de presión produce también un aumento en su temperatura para con esto lograr que se de estado el fluido refrigerante y así producir el subenfriamiento del mismo es muy necesario enfriarlo en el interior del condensador. El enfriamiento del refrigerante en el interior del condensador suele producirse por medio de aire y/o agua dependiendo del tipo de condensador, definido en función del refrigerante.

2.8 Sistemas de climatización

Concepto de climatización

La climatización es el proceso de tratamiento del aire que se efectúa a lo largo de todo el año, controla en los espacios interiores la temperatura, la humedad, la pureza y velocidad del aire, para así poder crear las condiciones adecuadas para la comodidad del usuario y lograr el intercambio de aire a los espacios que no pueden ser ventilados de manera natural o que también requieran condiciones especiales de temperatura controlada.

2.9 Aire acondicionado

El acondicionador de aire o también llamado aire acondicionado es un equipo generalmente utilizado para controlar la temperatura de un entorno o espacio, posee muchas ventajas, entre las cuales tenemos el control de temperatura, eliminación de la humedad del ambiente, control de la salida de aire, la limpieza y circulación de aire.

Hoy en día en el mercado existen varios tipos de acondicionadores de aire, de distintas funciones (sistemas de frío. -calor, frío, purificadores, etc.) y también de distintas marcas.

El BTU (British Thermal Unit) es la unidad de energía que caracteriza a los equipos de aire acondicionado, Se esta unidad de energía se define como la cantidad de energía que se va a requerir para aumentar la temperatura de una libra de agua a un grado Fahrenheit.

La unidad de energía BTU es muy fundamental para poder realizar planes de instalación de acondicionadores de aire, debido a que esta unidad es la que va a determinar la capacidad del equipo de aire acondicionado que se va a requerir para obtener la comodidad y confort deseado. Si en caso la capacidad del equipo no es el adecuado, no se podrá obtener el clima deseado y a su vez provocará un mal uso del sistema acondicionador de aire que con el tiempo le podría causar un daño parcial o total del equipo.

En algunos países (Como en norte américa) se emplea las TRF (Toneladas de Refrigeración), como la unidad establecida para poder referirse a las capacidades de aire acondicionados,

2.9.1 Elementos de básico de un aire acondicionado y sus funciones

Los equipos de aire acondicionado necesitan de elementos o componentes muy fundamentales, que son por lo general comunes en los diferentes equipos, los cuales son los encargados de la producción de frío e impulsión de aire.

Sandoval & Salgado nos dice que un equipo básico de acondicionador de aire está conformado por elementos importantes que funcionan en conjunto, son 4 elementos principales y son los siguientes:

- Compresor
- Condensador
- Válvula de expansión

- Evaporador

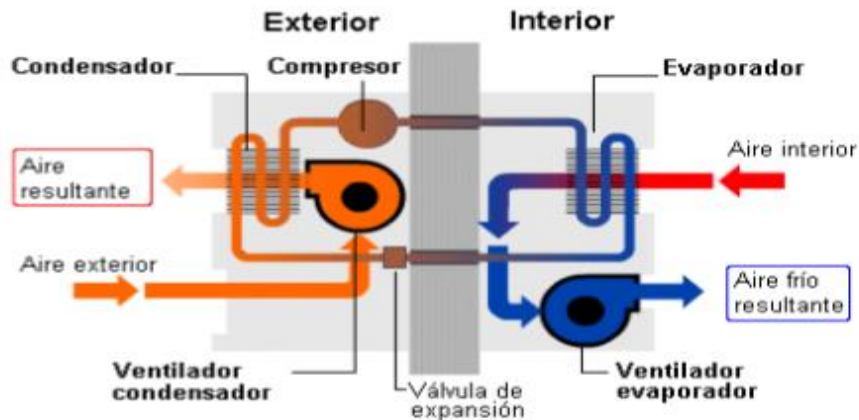


Ilustración No. 4. Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado.

(Imagen tomada de www.tecnologia.org)

Figura 2. 1: Diagrama de funcionamiento de aire acondicionado.

Fuente: (López, Paula André Daza Jiménez, & Álvarez, 2011)

- **Compresor**

El compresor es un componente vital dentro del acondicionador de aire, cumple dos funciones vitales a lo que respecta al ciclo de refrigeración.

La primera función es que se encarga en bajar la presión y temperatura del refrigerante en el evaporador para que absorba el calor hasta que se evapore por completo.

La segunda función consiste en elevar la presión y temperatura del refrigerante para así luego derivarlo al condensador donde puede eliminar el calor.

Existen varios tipos de compresores, pero lo más utilizados en la refrigeración se los pueden clasificar de acuerdo a la función del método que se empleara para así conseguir el efecto de compresión de la siguiente manera:

Compresores de desplazamiento positivo o volumétrico: Aquí el aumento de la presión se obtiene al introducir el vapor en un espacio cerrado para luego reducirlo mediante una acción mecánica. Los compresores alternativos y los rotativos pertenecen a este grupo.

Compresores dinámicos: el aumento de la presión se consigue en la transmisión de energía cinética al flujo constante de vapor y se convierte esa energía en forma de presión mediante un difusor, los compresores centrífugos se encuentran en este grupo.

Clasificación de los compresores según el montaje

Compresores herméticos: dentro de una carcasa sellada por completo se encuentran el compresor y su motor de accionamiento

Compresor semihermético: Se denomina así cuando el compresor y su motor de accionamiento tiene acceso para poderle hacerles reparaciones o mantenimientos.

Compresores reciprocantes o alternativos: estos compresores son caracterizados por que consiguen el aumento de presión por medio de un desplazamiento longitudinal que proviene de un pistón que encuentra dentro de un cilindro en el que se ha encerrado el vapor.

Los compresores de este tipo son comúnmente utilizados en el campo de refrigeración industrial, residencial y comercial.

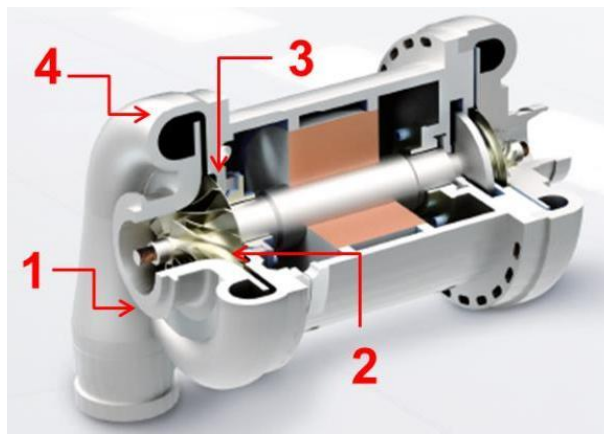
Compresores rotatorios

Este tipo de compresores son constituidos por uno o varios elementos dotados de movimiento rotativo que conforman el rotor, se encuentran situados en el interior de un cilindro (estator). Entre el rotor y el estator hay una cámara en la que el fluido aspirado se comprime. En este grupo tenemos los compresores tipo paletas, de émbolos axiales, de émbolos radiales y los tipos Scroll son compresores rotatorios.

Los compresores rotativos son usados en equipos pequeños de refrigeración, bombas de calor (hasta de 5 toneladas), y A/A tipo ventana. También los compresores rotativos son adecuados cuando se requiere un desplazamiento volumétrico elevado a presiones de operación moderada. (2013, p. 38)

Compresores Centrífugos Radiales.

Este grupo los conforman los compresores centrífugos tradicionales. El funcionamiento de estos compresores radiales radica en que ingresa en el aire de manera hacia la zona central del rotor, guiado por la campana de aspiración. Girando a gran velocidad el rotor envía el aire sobre un difusor que se encuentra a su espalda y es dirigido al cuerpo de impulsión.



**Figura 2. 2: Secciones de un compresor centrífugo de levitación neumática
Tomado del portal web (Mundocompresor, 2018)**

En estos compresores, el aire entra directamente por la campana de aspiración (1) hacia el rotor (2) y difusor (3), saliendo a la siguiente etapa o a la red por la voluta (4).

Turbo Compresores

Estos equipos pueden ser con dos o más etapas de compresión. Contienen unos refrigerados instalados entre cada etapa, diseñados para que reduzca la temperatura de compresión antes de que el aire llegue al siguiente rotor.

Estos equipos suelen ser utilizados para grandes caudales, aunque con el pasar de los años los fabricantes actualmente se enfocan en diseñar equipos de tamaños reducidos y caudales más pequeños.

Compresores centrífugos axiales

Estos compresores son los menos comunes para ser utilizados en la industria. En su funcionamiento se diferencian con los anteriores debido a que el aire circula en paralelo al eje. Están conformados por varios discos que se llaman rotores. Se instala entre cada rotor un disco que se le denomina estator, donde el aire que es acelerado por el rotor aumenta su presión antes de entrar en el disco siguiente.

- **Condensador**

Nos dice que En el condensador se encuentra ubicado de lado de la descarga del compresor. El condensador es también llamado intercambiador de calor al cual le ingresa refrigerante en el estado de vapor saturado o sobrecalentado y sale refrigerante líquido subenfriado. Al realizarse el subenfriamiento de este elemento se asegura de que al dispositivo de expansión le llegue una corriente continua de líquido y aumente la capacidad de enfriamiento del sistema.

Existen dos tipos de condensadores en los sistemas de acondicionamiento de aire y refrigeración.

Enfriado por agua

Enfriado por aire

Condensadores enfriados por agua.

Este tipo de condensadores contienen de uno o varios serpentines en los que circula el vapor del gas refrigerante, y que se encuentran sumergidos en

agua, por lo que se realiza el intercambio térmico entre el refrigerante y el agua en la superficie de los tubos.

Se clasifican en 3 tipos básicos los condensadores enfriado por agua.

Condensador enfriado por agua de doble tubo.

Condensador de carcasa y serpentín.

Condensador de carcasa y tubos.

Condensador enfriado agua de doble tubo.

Este condensador contiene dos tubos concéntricos. Su funcionamiento consiste que en el tubo de menor diámetro circula el agua de refrigeración y en el espacio anular intermedio circula el vapor del refrigerante a condensar.

Condensador de carcasa y serpentín.

Este condensador está conformado por uno o varios serpentines de tubo desnudo o aleteado por los cuales va a circular el agua, más una carcasa de acero por la cual va a circular el refrigerante.

Condensador de carcasa y tubos.

Está conformado por una carcasa cilíndrica de acero la cual en su interior contiene tubos paralelos, rectos, mandrinados que están ajustados herméticamente a unas platinas o discos, asegurados (soldados) a los extremos de una carcasa.(2013, p. 41)

- **Dispositivo de control de flujo. (Válvula de expansión)**

Que este dispositivo se encuentra colocado entre el condensador y el evaporador, para un así producir un diferencial de presión entre los lados de alta y baja presión. Además este dispositivo se encarga de regular el paso del gas refrigerante. También permite mantener dos parámetros.

Obtener una temperatura de condensación alta que esté por encima del medio condensante (agua o aire) para condensar el vapor que proviene del compresor a alta presión.

Obtener una temperatura de evaporación baja para absorber el calor que se encuentre en el medio y evapore el refrigerante líquido.

Estos dispositivos se los pueden dividir en 2 grupos.

Dispositivos de medición fijo. (Tubo capilar, orificio fijo)

Dispositivos de medición ajustable. (Válvulas de expansión (automáticas, termostáticas, manuales, etc) y los flotadores de alta o baja presión) (2013, p. 41)

- **Tubo Capilar.**

Se utiliza este dispositivo en los sistemas de refrigeración que trabajen con una potencia de hasta de 5 HP por ejemplo: Los acondicionadores de aire tipo ventana, refrigeradores domésticos. Está compuesto por un tubo de 0.5 a 5 metros de longitud con un diámetro interno de 0.6 a 2.3 mm. En el tubo capilar ingresa el líquido refrigerante y al pasar a través de él, este pierde presión debido de la fricción, transformando una parte en vapor.

Al seleccionar el tamaño y longitud del tubo capilar hay que tener en cuenta que concuerde con la capacidad de bombeo que tenga el compresor a plena carga. El tubo capilar tiene como ventaja que cuando el sistema se apaga, las presiones tanto como del lado de alta y baja se equilibran. (2013, p. 42)

- **Evaporador**

El evaporador está constituido por un conjunto de tuberías que le llega gas refrigerante procedente de la válvula de estrangulamiento, que se encuentra parcialmente vaporizado efectuándose en el mismo la ebullición a baja presión, lo que genera la extracción de calor del medio que lo rodea.

De acuerdo con su funcionamiento los evaporadores se clasifican de la siguiente manera:

- Evaporadores de expansión seca
- Evaporadores inundados

1. Evaporadores de expansión seca

En este tipo de evaporadores la alimentación del gas refrigerante se lleva a cabo mediante un dispositivo de expansión de manera que el líquido se evapora totalmente a lo largo del evaporador. Generalmente sale con ligero sobrecalentamiento; el líquido refrigerante se encuentra en la proporción necesaria para así poder formar un vapor saturado seco, este que le dará un buen funcionamiento en el compresor.

2. Evaporadores inundados

El interior de estos equipos se encuentra completamente lleno de refrigerante en estado líquido, se regula la alimentación del mismo por medio de una válvula de flotador, la función de esta válvula es de mantener constante el nivel de líquido en el evaporador.

Estos tipos de evaporadores tienen una expansión del líquido refrigerante más rápida y uniforme debido a unos tubos unidos que se deriva a unos colectores de distribución. (2013, p. 44)

2.10 Tipos de Acondicionadores de aire

En la actualidad hay diferentes sistemas de aire acondicionado y son los siguientes.

- A/C Compacto
- A/C portátil

- A/C tipo Split
- A/C Central Separado
- A/C Tipo Paquete
- A/C tipo Chiller

2.11 Aire acondicionado Compacto

Son también conocidos como sistemas de acondicionadores de aire tipo ventana o autónomo.



Figura 2. 3: Aire de ventana

Tomado del manual de operaciones de la Carrier, 2016

Son utilizados para acondicionar espacios pequeños e individuales. Son equipos de descarga directa, esto quiere decir que el aire que es enfriado se lo expulsa de manera directa a través de la unidad. Son equipos compactos y unitarios.

Las capacidades más comunes son las siguientes:

8.000 btu

12.000 btu

24.000 btu

El acondicionador de aire tipo compacto está conformado todo en una sola unidad y está conformado por los siguientes componentes: Compresor,

válvula de expansión, parte externa o condensador, parte interna o evaporador, motor ventilador, turbinas, unidad de control.

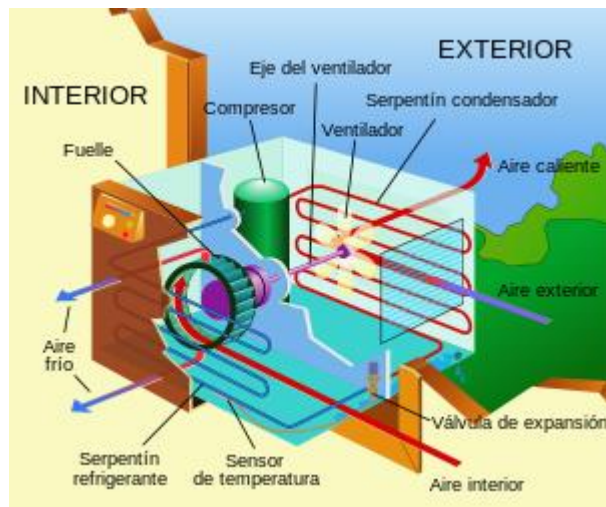


Figura 2. 4: Partes de un aire acondicionado tipo compacto

Tomado del manual de operaciones de la Carrier, 2016

El funcionamiento de este equipo se basa en tomar el aire desde el interior del espacio, aplicando el funcionamiento básico de la refrigeración, para luego inyectar el aire ya refrigerado de nuevo al mismo lugar y el calor removido es expulsado al exterior.

La instalación de estos equipos necesita ser ubicados en un muro o ventana que lo general deben dar hacia el exterior. La dimensión del hueco depende de la capacidad y dimensión del o los equipos. Son protegidos entre un enrejado o sistema anti-robo. (López et al., 2011, p. 45)

Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire tipo compacto.

Tabla 2. 1: Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire tipo compacto.

Ventajas	Desventajas
Se los puede instalar en cualquier pared o ventana que dé al exterior.	Limita el ingreso de luz cuando es instalado en alguna ventana.
Su precio es accesible.	Suelen tener un costo más de energía a referencia de otros equipos.
Tiene un bajo costo de instalación	Son bastantes ruidosos.
Fácil mantenimiento	Su instalación en alguna pared requiere romper y hacer un hueco.

2.11.1 Aire acondicionado portátil

Al Igual que el tipo compacto, los acondicionadores de aire portátil son equipos unitarios, compactos y de descarga directa. Por lo general la mayoría de estos equipos traen una manga o tubo flexible que sirve para la expulsión de aire y es colocado en ventanas. Son ideales para las necesidades mínimas que requiere climatizar habitaciones en viviendas y también pequeños espacios, locales.

Partes de un acondicionador de aire portátil:



Figura 2. 5: Vista frontal de aire acondicionado portátil

Tomado del Manual de Usuario e instalaciones YORK, 2017

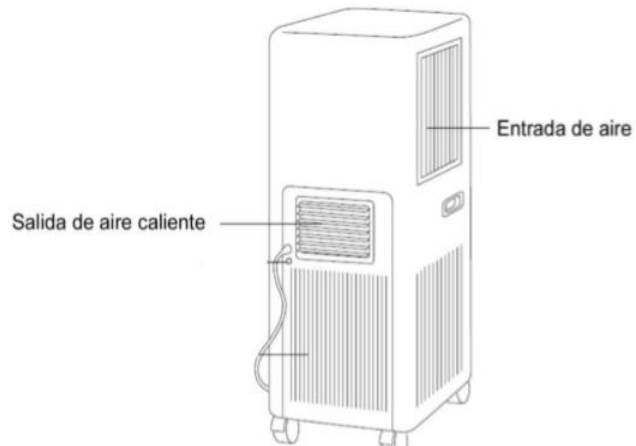


Figura 2. 6: Vista posterior de aire acondicionado portátil

Tomado del Manual de Usuario e instalaciones YORK, 2017

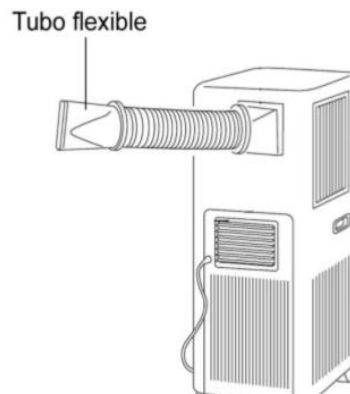


Figura 2. 7: Vista de tubo flexible de aire acondicionado portátil.

Tomado del Manual de Usuario e instalaciones YORK, 2017

Las capacidades más comunes en estos equipos son: de 4.000 btu – 18.000 btu. Se lo puede situar en un espacio pequeño cerca de una ventana para así poder colocar la manga o tubo flexible para la expulsión del aire caliente.

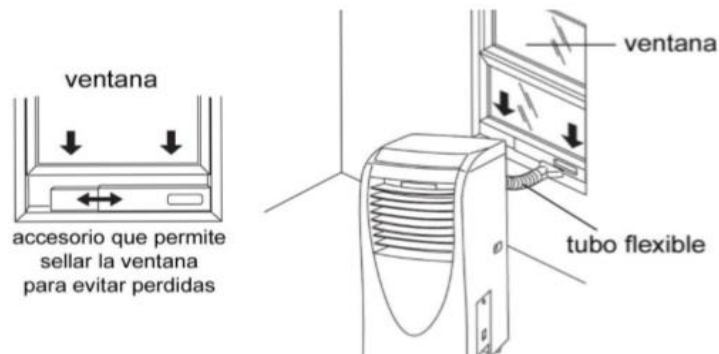


Figura 2. 8: Detalle de instalación de tubo flexible a la ventana.

Tomado del Manual de Usuario e instalaciones YORK, 2017

Se recomienda que los tubos flexibles no queden sueltos debido a que por la falta de fijación puede caerse, golpearse, dañarse y no permita la correcta expulsión del aire caliente hacia el exterior.

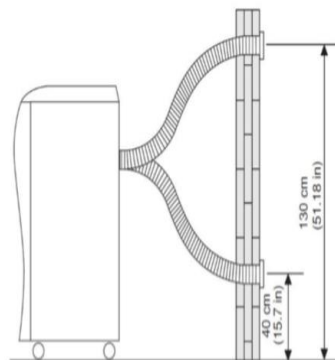


Figura 2. 9: Altura máxima y mínima de colocación de tubo flexible.

Tomado del Manual de Usuario e instalaciones YORK, 2017

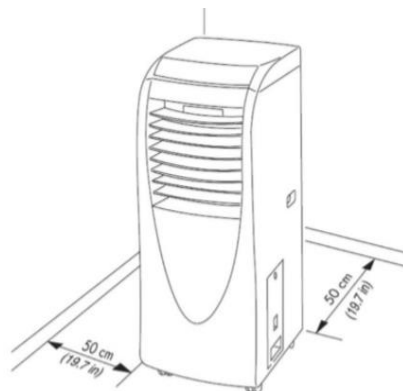


Figura 2. 10 Requisito de ubicación de aire acondicionado portátil.

Fuente: (Manual de Usuario e instalaciones YORK, 2017)

La altura que mínima que se colocada el tubo flexible es de 40 centímetros y la máxima de 130 centímetros. Debe tener una separación de la pared de 50 centímetros para que así permita una buena circulación de entrada y salida del aire. (Lopez et al., 2011, p. 53)

Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire portátil.

Tabla 2. 2: Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire portátil.

Ventajas	Desventajas
Fácil traslado de un lugar a otro.	Suelen ser algo costosos
Ocupa poco espacio.	Ruidosos (compresor en la unidad)
Fácil instalación.	No son muy potentes.
Provee aire exento de impurezas	Poco estético.

2.11.2 Aire acondicionado tipo split

Son equipos descentralizados de descarga directa. Su principal diferencia con el tipo compacto es que su sistema es separado, el condensador con el compresor está situada en el exterior (condensadora), mientras que el evaporador se lo instala en el interior. Estas dos partes que conforman el tipo Split, el evaporador y el condensador se comunican entre sí por medio de las líneas de refrigerantes (tuberías de cobre) y las conexiones eléctricas. (Gonzáles, 2019, p. 37)

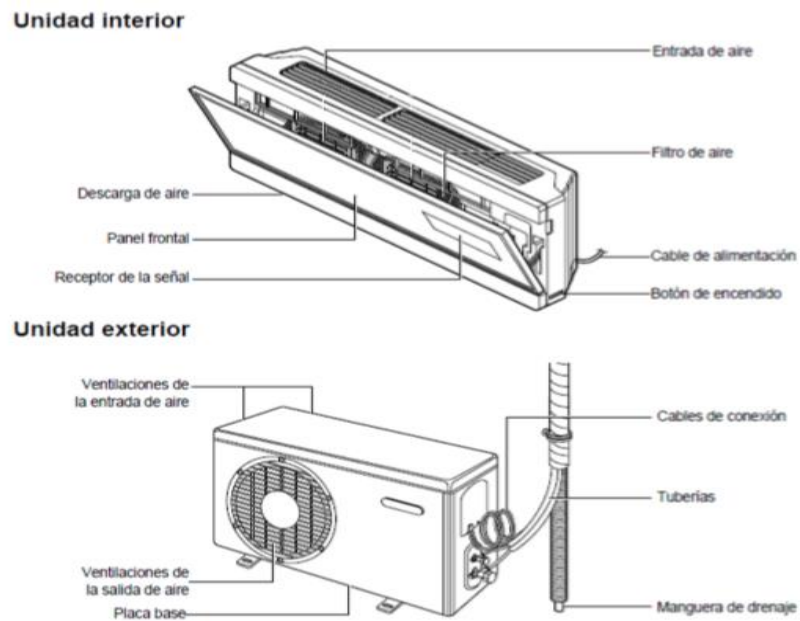


Figura 2. 11: Sistema de aire acondicionado tipo split.

Tomado del Manual de Usuario aire acondicionado tipo split LG, 2015

En la actualidad existen varios modelos de unidades evaporadores, su diferencia radica en la forma que son instaladas.

High Wall o decorativo, es la más común, se la instala en la parte alta de una pared.

Tipo cassette, esta unidad es instalada en el cielo falso de un espacio.

Piso-Techo, esta unidad se la puede instalar en la parte baje de una pared como también en el parte alto de una pared.

Y como se muestra en la figura es una unidad condensadora la cual puede manejar eso diferentes tipos de evaporadores. (López et al., 2011, p. 54)

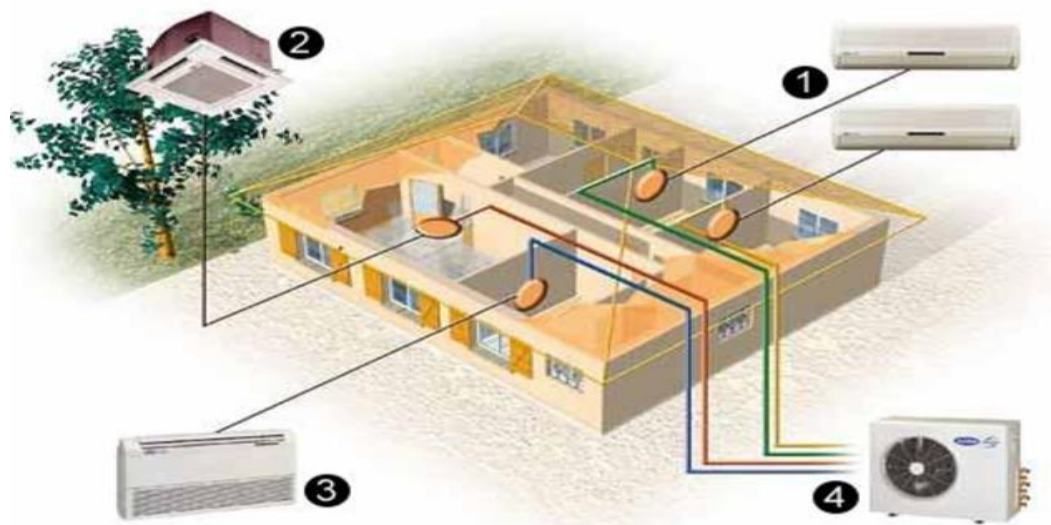


Figura 2. 12 : Tipos de unidades evaporadoras.
Tomado de Aire acondicionado Madrid, 2017)

Para poder instalar este tipo de equipos tenemos que tener en cuenta que tenemos que elegir un lugar apropiado para ambos, tanto como el evaporador y la condensadora.

Para la unidad evaporadora se la debe instalar en un espacio libre de obstáculo frente a ella, que ninguna fuente de calor o vapor esté cerca de ella y que el sistema de drenaje que estas unidades contienen tiene que ser dirigido hacia el exterior. La separación de esta unidad con respecto a la pared y el cielo falso o losa debe ser de mínimo 5 cm.

Para la instalación de la unidad condensadora se la debe ubicar en un espacio libre y con mucha ventilación como ejemplo: Patio, terraza, etc. Para realizar el hueco donde pasaran las tuberías y el cable eléctrico que unen a ambas partes deberá tener un diámetro de 10 centímetros. La unidad condensadora no puede quedar instalada a nivel del suelo, por lo que ella se encarga de expulsar el aire caliente el sistema, es necesario que queda instalada a una altura adecuada para que también sea de fácil acceso para cuando se necesita hacerle mantenimiento o alguna reparación al equipo.

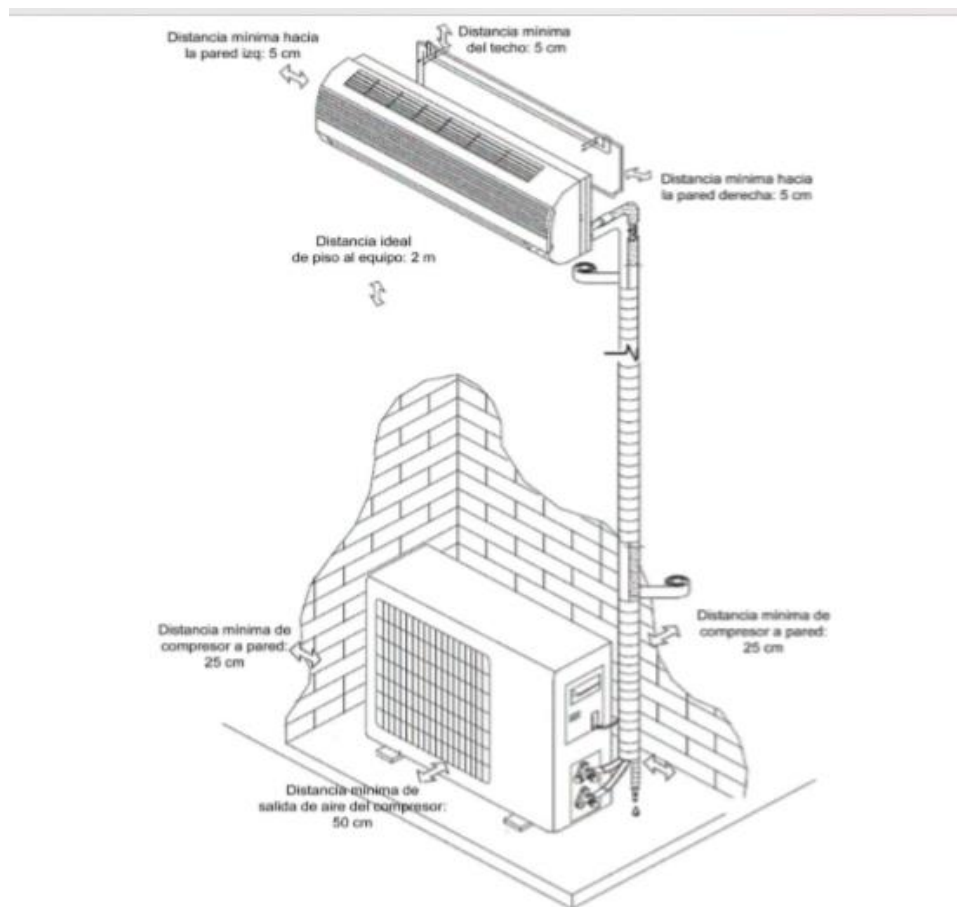


Figura 2. 13: Instalación y distancias mínimas de Sistema de aire acondicionado tipo Split.

Fuente: (López et al., 2011, p. 69)

Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire tipo Split.

Tabla 2. 3: Ventajas y desventajas de los acondicionadores de aire tipo Split.

Ventajas	Desventajas
Fáciles de adaptar a cualquier espacio.	Instalación necesita de un servicio profesional.
Bajo nivel de ruido	Se necesita realizar perforaciones en la pared.
Consume menos energía que otros equipos.	Costo de instalación elevada. Varía de acuerdo al tipo de instalación.
Modelos decorativos	
Precios Accesibles	

2.11.3 Sistema de central separado

Este sistema es un equipo de descarga indirecta, debido a que el aire se lo distribuye por medio de ductos, es expulsado por medio de los difusores ubicados en los espacios a climatizar. Está compuesta por una unidad a evaporadora y una condensadora, dichas unidades se unen entre sí por medio de dos líneas de tuberías de cobre, una línea es la que se encarga de llevar el refrigerante y la otra en regresarlo. La temperatura se la controla mediante un termostato.



Figura 2. 14: Unidad evaporado y condensadora de sistema central separado.

Tomado del Manual de instalación de Carrier, 2016

Las capacidades de estos equipos son desde 3 TR (tonelada refrigeración) hasta 20 TR. Este sistema tiene la capacidad de transportar el aire acondicionado requerido a largas distancias (depende de la capacidad del motor ventilador que tenga el equipo) con lo que permite climatizar varios ambientes o zonas contiguas con un solo equipo. (López et al., 2011, p. 67)

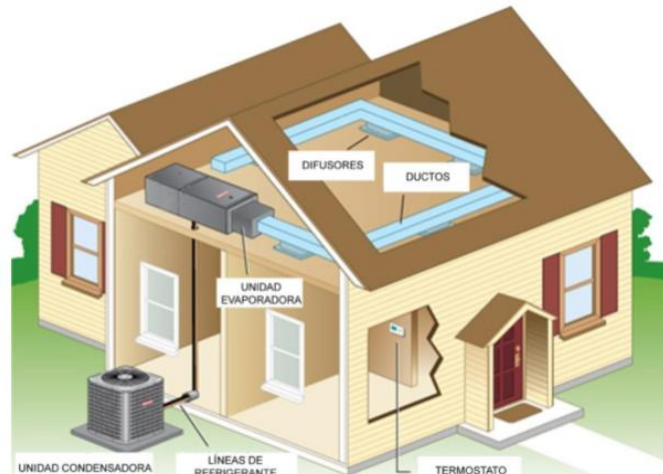


Figura 2. 15: Ubicación de equipos y distribución de ductos del sistema de sistemas de aire acondicionado separado.

Fuente: (Lopez et al., 2011)

Ventajas y desventajas de Sistema de central separado.

Tabla 2. 4: Ventajas y desventajas de Sistema de central separado.

Ventajas	Desventajas
Se logra climatizar varios espacios al mismo tiempo.	Instalación profesional y especializada.
Unidades silenciosas	Alto costo de instalación.
Estético en interiores.	Alto costo del equipo.
Se lo puedo utilizar en residencias, instituciones o industrias.	Mantenimiento profesional y especializado.
Mejor distribución de aire.	Requerimiento de espacio para el evaporador, condensador y ductos.

2.11.4 Sistema tipo paquete.

Estos equipos son de tipo central, quiere decir que sus unidades, tanto el evaporador y el condensador está en el mismo sistema y el aire se los distribuye por medio de los ductos a los distintos espacios a climatizar.

Son utilizados por lo general en las grandes edificaciones como por ejemplo: bancos, restaurantes, centros deportivos, etc.

Son instalador en el exterior de la infraestructura, por lo general en las terrazas de los techos. Hay de diferentes capacidades van desde 3 TR (tonelada refrigeración) hasta las 30.000 TR.

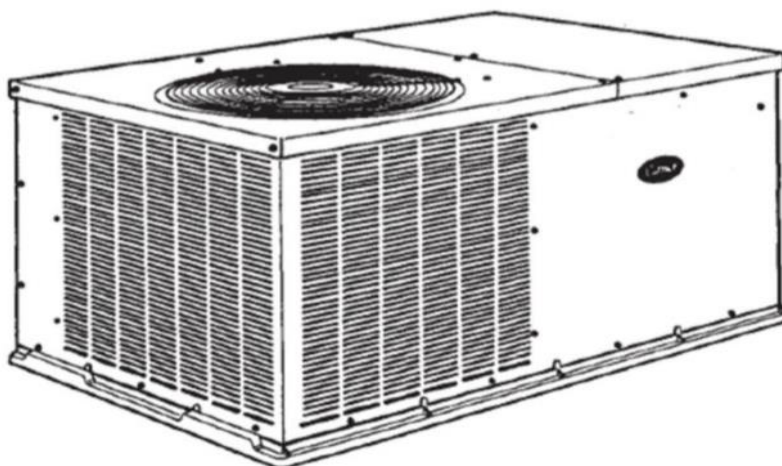


Figura 2. 16: Sistema tipo paquete.

Tomado del Manual de instalación de Carrier, 2016

La unidad tipo paquete necesita ser ubicado en el exterior que tenga buena ventilación, los ductos será distribuidos en el entretecho.

Se deberá instalar bases para el equipo con una altura de 10 centímetros, no se la debe poner a nivel de suelo porque después podría generar vibración a la edificación y cuando son ubicados en las losas se debe tomar en cuenta el peso que tiene el equipo y las vibraciones que produce.

Este tipo de equipo requiere de espacios libre tanto para una buena ventilación como para realizar los mantenimientos. Esta unidad de aire puede tener dos tipos de suministros y retorno del aire: vertical u horizontal.

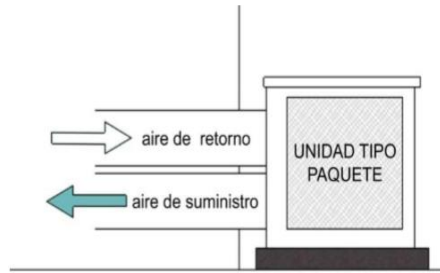


Figura 2. 17: Detalle de descarga horizontal.

Fuente: (López et al., 2011)

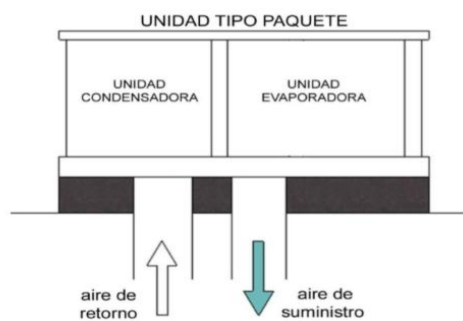


Figura 2. 18: Detalle de descarga vertical.

Fuente: (López et al., 2011)

Ventajas y desventajas de Sistema tipo paquete.

Tabla 2. 5: Ventajas y desventajas de Sistema tipo paquete.

Ventajas	Desventajas
Bajo nivel sonoro	Instalación especializada.
Todo el equipo es una sola unidad	Puede tener gran tamaño y peso.
Climatizar varios espacios al mismo tiempo.	Requieren mucho espacio, tanto como el equipo como para los ductos.

2.11.5 Sistema tipo chiller

El chiller es un equipo también de descarga indirecta, el aire se lo distribuye a las diferentes áreas por medio de los ductos, está compuesto por un sistema central que es el encargado de enfriar un fluido que por lo general es el agua, luego se lo distribuye a los diferentes equipos de enfriamiento que se encuentran ya en las aéreas destinadas que se quiere climatizar.

Desde la unidad exterior se envía el agua helada que va a pasar a través de tuberías (PE,PVC, acero o cobre) con destino a las unidades denominadas fan coils o unidades manejadoras de aire (UMA), estas unidades están encargadas de distribuir el aire acondicionado a los ductos, vienen a desempeñar el trabajo que hacían los evaporadoras en los sistemas anteriores. De los sistemas chiller hay de diferentes capacidades van desde los 80.000 TR hasta 200.000 TR.

El chiller utiliza el agua para realizar el cambio de estado, se la puede definir como una unidad agua-aire. La función del agua es que circule de manera forzada sobre un intercambiador de temperatura en el que se realiza el cambio de estado, ocupando el factor agua y no el factor aire en este caso. El agua una vez que sale del intercambiador, circula hacia cada una de las unidades fan coils por medio del circuito hidráulico, estas unidades se encargan de repartir el aire refrigerado a una cierta temperatura, con el objetivo de modificar la temperatura ambiente y luego el agua retorna de nuevo al intercambiador para su bajar su temperatura y así se repetirá el ciclo de refrigeración para nuevamente ser distribuido.

El evaporador y el condensador puede estar en el mismo equipo, pero si es el caso el enfriamiento ya se por aire o separados, se necesita una torre de enfriamiento de agua que tenga un circuito secundario para enfriar el condensador, este sistema es más eficiente pero se necesita mucho espacio para su implementación y además requiere de un cuidado especial en el tratamiento del agua. (Lopez et al., 2011, p. 83)



Figura 2. 19: Sistema de aire acondicionado tipo Chiller.

Fuente: (Manual de Usuario e instalaciones YORK, 2017)

Controles y dispositivos importantes de un chiller:

- Termostatos
- Presostato de alta y baja presión
- Filtro deshidratador de líquido y succión
- Indicador de líquido o cristal mirilla.
-

Ventajas y desventajas de Sistema tipo Chiller.

Tabla 2. 6: Ventajas y desventajas de Sistema tipo Chiller.

Ventajas	Desventajas
Acondicionada grandes instalaciones	Alto costo de instalación
Es un equipo muy eficiente	Equipo de gran tamaño y peso
Bajo nivel de ruido	Precio elevado del equipo.
Los nuevos equipo chiller viene con un sistema que permite ahorra energía.	Difícil instalación en azoteas.

Capítulo 3

3.1 Refrigerantes

Definición

Los refrigerantes son fluidos (líquidos o gases) que transfieren calor de un punto a otro. En un sistema típico de compresión de vapor, el refrigerante cambia de fase, es decir, cambia de estado líquido a gaseoso cuando absorbe calor y vuelve a cambiar al estado líquido cuando pierde calor.

Un refrigerante funciona de acuerdo con los siguientes principios: después de que el refrigerante es licuado bajo presión, adiabáticamente es expandido y el líquido se evapora tomando calor externo del sistema. Este calor de vaporización se traduce en "A/C externo". La temperatura del A/C es 0°C para uso doméstico, sobre -25°C para refrigeradores domésticos y sobre -35°C para almacenes de productos congelados para su uso comercial. El compuesto seleccionado como refrigerante debe tener un punto de ebullición por debajo de estas temperaturas después de la expansión bajo presión.

Los refrigerantes son entonces los fluidos de trabajo en los sistemas de refrigeración, A/C y bombas de calor. Estos productos absorben el calor de un área como el espacio acondicionado de una sala y es expulsado en otra área exterior generalmente por conducto del evaporador y del condensador respectivamente. (Menéndez, Santamaría, & Vega, 2015, p. 35)

De manera general, un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Desde el punto de vista de la refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y la compresión de vapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo rechaza al condensarse a alta temperatura y presión.

Los refrigerantes son los fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración mecánica. Cualquier sustancia que cambie de líquido a vapor y viceversa,

puede funcionar como refrigerante, y dependiendo del rango de presiones y temperaturas a que haga estos cambios, va a tener una aplicación útil comercialmente.

3.2 Características de los refrigerantes

Los refrigerantes deben cumplir con ciertas propiedades que les permiten ser recomendables para su uso en las diferentes aplicaciones, dichas propiedades son las siguientes: propiedades químicas, propiedades termodinámicas, propiedades físicas y también condicionamientos en el ámbito de seguridad.

No hay un fluido refrigerante que se considera ideal ni tampoco algún refrigerante que se pueda adaptar a todas las aplicaciones. Cuando un refrigerante se aproxima a ideal es cuando las propiedades del refrigerante satisfagan las con las condiciones y necesidades que se requiera para lo que va a ser utilizado. (Taza, 2017, p. 39)

(Rey Martínez & Velasco, 2005) Francisco Javier en su libro Bombas de calor y energías renovables en edificios menciona las características que un refrigerante debe de cumplir para que funcione de manera adecuadamente y son las siguientes:

- Características físicas.
- Características termodinámicas.
- Características químicas.
- Características de seguridad.

3.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Un fluido puede evaporarse a mayor temperatura cuando se eleva su presión, pero los compresores no pueden alcanzar cualquier presión y los evaporadores y condensadores no deben trabajar en condiciones de presión

o depresión elevadas. Los refrigerantes más adecuados poseen calores latentes muy altos y densidades muy altas. (Taza, 2017, p. 39)

Teresa Sánchez y Pineda de las infantas nos dice en su libro de Ingeniería de frío que las características físicas que tienen los refrigerantes son las siguientes:

Los refrigerantes deben tener un alto calor latente de vaporización (kJ/kg), ya que permitirá reducir el caudal másico circulante de refrigerante (kg/s), lo cual permitirá usar equipos más pequeños y de menor potencia.

Deben tener un bajo volumen específico del vapor en la aspiración (m³/kg) para que pueda reducirse el tamaño del equipo (compresor y tuberías).

Las presiones de trabajo deben ser moderadas: La presión de condensación debe ser menor a la presión crítica, lo cual permitirá que el ciclo tenga un recorrido. La presión de evaporación debe ser mayor a la presión atmosférica, para que pueda evitar la entrada de humedad.

La temperatura de descarga tiene que ser moderada para evitar la descomposición del lubricante y el asociado daño para el compresor. (Sánchez & Pineida, 2005)

3.2.2 CARACTERÍSTICAS TERMODINÁMICAS

Según Francisco Javier en su libro Bombas de calor y energías renovables en edificios Las características termodinámicas que debe tener un refrigerante son las siguientes:

Tensión de vapor: Refleja el equilibrio entre el fluido frigorífero líquido y gaseoso, para ello hay que controlar los siguientes parámetros:

Presión de Evaporación, que debe de ser superior a la presión atmosférica para evitar la introducción de aire en el circuito.

Presión de condensación, que no debe ser muy elevada, permitiendo además el empleo de elementos constructivos con menores exigencias en cuanto a resistencia.

Relación de Compresión: Debe ser pequeña en las condiciones de funcionamiento pues la eficacia volumétrica varía inversamente con la relación de compresión. Por tanto, cuanto menor sea esta propiedad mejor rendimiento proporcionará la instalación. (Rey Martínez & Velasco, 2005)

Mientras tanto para Teresa Sánchez Y Pineda de las infantas el fluido refrigerante debe cumplir con las características siguientes:

Potencia frigorífica específica: Es la cantidad de calor que teóricamente absorbe el refrigerante por unidad de trabajo del compresor.

Producción frigorífica específica: Es la cantidad de calor que absorbe 1kg de refrigerante en el evaporador. Esta propiedad es aproximadamente equivalente al calor latente de vaporización y cuanto mayor sea, mejor será el refrigerante. (Sánchez & Pineida, 2005)

3.2.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Para Francisco Javier en su libro bombas de calor y energía renovables para edificios los refrigerantes deben cumplir con las siguientes características químicas para que operen de una forma adecuada:

Comportamiento frente a la humedad: El agua se combina con el fluido frigorífero dando lugar a la formación de compuestos corrosivos que pueden reaccionar con el aceite lubricante y con materiales del sistema.

Comportamiento frente a los materiales: No deben atacar a los materiales de las instalaciones. Por ejemplo, el amoniaco no se puede utilizar con cobre o aluminio. El tipo de refrigerante fija el material a usar en todos los elementos de la instalación.

Relación refrigerante-aceite: El refrigerante debe ser estable frente al aceite, existen tres grupos de refrigerantes teniendo en cuenta la miscibilidad con el

aceite: Refrigerantes totalmente miscibles, en donde el aceite volverá al compresor, y por lo tanto no generará problemas. Refrigerantes miscibles con el condensador, lo cual reduce el grado de mezcla en el evaporador. Y por último los refrigerantes no miscibles con el aceite. (Rey Martínez & Velasco, 2005)

3.2.4 Características de seguridad

La normativa aplicable en la utilización de los diferentes fluidos frigorígenos en función al grado de seguridad del refrigerante, de las exigencias de los locales, del tipo de ocupación o utilización y de las características de los sistemas de refrigeración empleados, se encuentran establecidos en la instrucción MI-IF-004 del Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, dadas por el Ministerio de Industria y Energía de España en el año 2001. Dentro de la cual establece que la seguridad de cada fluido frigorígeno debe ser considerada desde los siguientes aspectos: toxicidad, inflamación o explosión, fugas y detección de fugas. (Taza, 2017, p. 42)

3.3 Identificación de los refrigerantes

En el reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas establece en el artículo 11 que todos los refrigerantes deben de tener una denominación, que utilizan una nomenclatura simbólica numérica, la cual es establecida de su fórmula química, teniendo en cuenta las siguientes reglas:

La primera cifra de la derecha, en los compuestos que carezcan de bromo, indicara el número de átomos de flúor de su molécula.

A la izquierda de la anterior se indicará con otra cifra el número de átomos de hidrogeno de su molécula más uno.

A la izquierda de la anterior se indicará con otra cifra el número de átomos de carbono de su molécula menos uno. Si resulta cero no se indicará.

El resto de los enlaces se complementarán con átomos de cloro.

Si la molécula contiene átomos de bromo, se procede según lo indicado anteriormente, añadiendo luego a la derecha una B mayúscula, seguida del número de dichos átomos.

Los derivados cíclicos se expresarán según la regla general, encabezándolos con una C mayúscula a la izquierda del número refrigerante.

Los compuestos no saturados seguirán las reglas anteriores, anteponiendo el número 1 como cuarta cifra, contada desde la derecha.

Los azeótropos se expresarán mediante las denominaciones de sus componentes, intercalando, entre paréntesis, el porcentaje en peso correspondiente a cada uno. Los azeótropos también pueden designarse por un número de la serie 500 completamente arbitrario.

Los números de identificación de los refrigerantes de los compuestos inorgánicos se obtienen añadiendo a 700 los pesos moleculares de los compuestos. (*Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas.*, 2001, p. 27)

3.4 Clasificación de los refrigerantes

Teresa Sánchez y Pineda de las infantas nos da a conocer las clasificaciones que tienen los refrigerantes según su composición química, estos pueden ser orgánicos e inorgánicos. En la actualidad los refrigerantes orgánicos más usados son los hidrocarburos:

CFC: (Flúor, Carbono, Cloro), Clorofluorocarbonado totalmente halogenado, no contiene hidrógeno en su molécula química y por lo tanto es muy estable, esta estabilidad hace que permanezca durante largo tiempo en la atmósfera afectando seriamente la capa de ozono y es una de las causas del efecto invernadero. Como ejemplos de estos refrigerantes podemos citar a R-11, R-12, R-115, etc. Está prohibida su fabricación desde 1995.

HCFC: (Hidrógeno, Carbono, Flúor, Cloro) presenta en su estructura átomos de hidrógeno. La presencia de Hidrógeno le confiere menos estabilidad, en consecuencia, se descompondrá en la parte inferior de la atmósfera y no llegará a la estratosfera. Posee un potencial reducido de destrucción de la capa de ozono. Su desaparición está prevista para el año 2015. (R-22)

HFC: (Hidrógeno, Flúor, Carbono), es un Fluorocarbono sin cloro con átomos de hidrógeno sin potencial destructor del ozono dado que no contiene cloro. (R- 134a, 141b).

Mezclas Azeotrópica: Es una mezcla líquida de dos o más compuestos químicos que hierven a temperatura constante y que se comportan como si estuviesen formadas por un solo componente. Se evaporan y condensan a temperatura constante, R5XX.

Mezclas Zeotrópica: Se llama así a las mezclas formadas por dos o más componentes (refrigerantes puros) de diferente volatilidad. Cuando estas mezclas se evaporan o se condensan en un sistema de refrigeración, su composición y su temperatura de saturación cambian. Presentan deslizamiento, R4XX

El amoníaco R717 (NH₃), excelente refrigerante, sus inconvenientes son su elevada toxicidad y no ser compatible con el cobre, y necesariamente la construcción de los componentes tiene que ser de acero.

Los hidrocarburos (HC's), propano (R290), butano (R600) y sus mezclas; su problema es su alta inflamabilidad

El agua (R718) es un excelente fluido de trabajo, por todas las propiedades que presenta, como su gran calor específico, elevado calor latente de vaporización, reducida viscosidad, etc.

CO₂ (R744) fue muy usado en las primeras aplicaciones de la refrigeración. (Taza, 2017, p. 47)

Según Contreras Ricardo 2011 la Clasificación de acuerdo a sus características es las siguientes.

Dióxido de carbono: Su uso requiere de equipos muy pesados en virtud de la excesiva presión que se requiere, por lo que pueden resultar costosos; Es inodoros; Incoloro; De difícil detectar fugas; No es tóxico, sin embargo en grandes concentraciones causa muerte por sofocamiento. No es inflamable; Es químicamente estable (no es corrosivo).

Anhídrido sulfuroso: Incoloro; No es inflamable; Sus fugas no perjudican los alimentos, al contrario los conservan; Combinado con aceites, produce un lodo que obstruye las tuberías; Es químicamente estable; Es muy tóxico, irrita membranas, mucosas y ojos.

Hidrocarburos: Incoloros; Muy inflamables y explosivos; No son tóxicos, pero si anestésicos; No son corrosivos; Son miscibles en aceites.

Clorofluorados. (CFCs) ó Freones: No son tóxicos; No son irritantes; No son inflamables; En condiciones normales no son corrosivos; Son incoloros; Inodoros; Son Químicamente estables; No afectan a los lubricantes ni son afectados ellos, aunque sean más o menos miscibles; Mientras mayor sea el número de hidrógenos, más inflamables serán; Poseen buenas cualidades térmicas. Son agresivos por excelencia de la capa de ozono. (Contreras, 2011, p. 17)

Tabla 3. 1: Clasificación de los refrigerantes.

Número de identificación del refrigerante	Nombre Químico	Fórmula química	Peso molecular en gramos	Punto de ebullición en °C a 1.013 bar
Grupo Primero: Refrigerantes de Alta Seguridad				
R-11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F	137.4	23.8
R-12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	120.9	-29.8
R-13B1	Bromotrifluorometano	CBrF ₃	148.9	-58
R-14	Tetrafluoruro de carbono	CF ₄	88	-128
R-22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	86.5	-40.8
R-114	1,2-Diclorotetrafluoretano	CClF ₂ CClF ₂	170.9	3.5
R-C318	Octofluorciclobutano	C ₄ F ₈	200	-5.9
R-500	R-12 (73,8%) + R-152 (26,2%)	CCl ₂ F ₂ /CH ₂ CHF ₂	99.29	-28
R-502	R-22 (48,8%) + R-115 (51,2%)	CHClF ₂ /CClF ₂ CF ₃ CO ₂	112	-45.6
R-744	Anhidrido carbónico	CO ₂	44	-78.5
R-23	Trifluorometano	CHF ₃	70.01	-82.15
R-123	2,2-Dicloro-1,1,1-Trifluoretano	CHCl ₂ -CF ₃	153.0	27.96
R-124	2-Cloro-1,1,1,2-Tetrafluoretano	CHClF-CF ₃	136.5	-12.05
R-134a	1,1,1,2-Tetrafluoretano	CH ₂ F-CF ₃	102.2	-26.14
R-401B (61/11/28)	Clorodifluorometano (R22) 1,1-Difluoretano (R-152a) 2 Cloro-1,1,1,2-Tetrafluoretano (R-124)	CHClF ₂ CH ₂ -CHF ₂ CHClF-CF ₃	92.84	-34.67
R-402A (60/2/38)	Pentafluoretano (R-125) Propano (R-290) Clorodifluorometano (R-22)	CHF ₂ -CF ₃ C ₃ H ₈ CHClF ₂	101.35	-49.19
R-404A (44/4/52)	Pentafluoretano (R-125) 1,1,1,2-Tetrafluoretano (R-134a) 1,1,1-Trifluoretano (R-134a)	CHF ₂ -CF ₃ CH ₂ F-CF ₃ CH ₃ -CF ₃	97.6	-46.69
R-407C (23/25/52)	Difluorometano (R-32) Pentafluoretano (R-125) 1,1,1,2-Tetrafluoretano (R-134a)	CH ₂ F ₂ CHF ₂ -CF ₃ CH ₂ F-CF ₃	86.2	-43.44
Grupo Segundo: Refrigerantes de Media Seguridad				
R-30	Cloruro de metileno	CH ₂ Cl ₂	84.9	40.1
R-40	Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	50.5	-24
R-160	Cloruro de etilo	CH ₃ CH ₂ Cl	64.5	12.5
R-611	Formiato de metilo	HCOOCH ₃	60	31.2
R-717	Amoniaco	NH ₃	17	-33
R-1130	1,2- Dicloroetileno	CHCl=CHCl	96.9	48.5
Grupo Tercero: Refrigerantes de Baja Seguridad				
R-170	Etano	CH ₃ CH ₃	30	-88.6
R-290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	-42.8
R-600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	58.1	0,5
R-600a	Isobutano	CH(CH ₃) ₃	58.1	-10.2
R-1150	Etileno	CH ₂ =CH ₂	28	-103

Fuente: (Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas., 2001, p. 29)

3.5 Refrigerante r22

Según Scalofrio el gas refrigerante R22 es un hidroclorofluorocarbono (HCFC) ampliamente usado en todos los sectores de la refrigeración y climatización. Tiene un bajo valor de ODP y unas excelentes propiedades termodinámicas que hacen que este refrigerante sea idóneo para aplicaciones de alta y media temperatura en instalaciones fijas, transporte refrigerado y aire acondicionado. El R22 se podrá utilizar como refrigerante puro en la recarga de instalaciones existentes hasta el año 2010. A partir de esta fecha estará prohibido su utilización, y únicamente estará permitido el uso de R22 reciclado hasta el año 2015. Actualmente ya existen sustitutos directos del R22 como son el R417A, R422A y R422D (consultar sus correspondientes fichas técnicas). Debido a sus excelentes propiedades termodinámicas el R22 se utiliza como componente en mezclas de refrigerantes como el R403B, el DI36, DI44, etc., para aplicaciones de media y baja temperatura.

3.5.1 Propiedades físicas y químicas

Tabla 3. 2: Propiedades físicas y químicas.

FORMULA QUIMICA		CHClF₂
NUMERO ASHRAE		R22
Peso Molecular		86.47
Temperatura de ebullición	°C	-40.8
Temperatura de congelación	°C	-160
Temperatura crítica	°C	96.15
Presión crítica	bar	49.88
Densidad crítica	Kg/l	0.513
Densidad del líquido (25°C)	Kg/l	1.19
Presión de vapor (25°C)	bar	10.44
Conductividad térmica del líquido (25°C)	W/m.K	0.0868
Conductividad térmica del vapor (25°C, 1.013 bar)	W/m.K	0.0113
Solubilidad en agua (25°C, 1.013 bar)	%	0.30
Viscosidad del líquido (25°C)	mPas	0.178
Viscosidad del vapor (25°C)	mPas	0.0127
Límite de Inflamabilidad en el Aire	% vol	ninguno

Fuente: (Scalofrios, 2006)

3.5.2 Compatibilidad con los materiales

El R22 es un refrigerante muy estable y se puede utilizar con la mayoría de los materiales usados normalmente en la refrigeración: sin embargo se deben evitar metales como magnesio, zinc, y aleaciones de aluminio con contenidos de magnesio superiores al 2%. El R22 es compatible con la mayoría de plastómeros y elastómeros, pero normalmente su comportamiento con estos materiales dependerá también de la temperatura de trabajo y del tipo de aceite utilizado. Como norma general la compatibilidad del R22 con el Neopreno, la Goma Butílica y la Buna S es buena; entre los plastómeros, el PVC, el Nylon y el PTFE son los más recomendables para utilizar con R22. El R22 es miscible con los aceites minerales, alquilbencénicos y poliolésteres (POE). (2006, p. 1)

3.5.3 Toxicidad y almacenamiento

Plusfroid dice que el R22 es una sustancia con muy poca toxicidad. El valor del LC50 (4 horas) en ratas es de 219.000 ppm. El valor del TLV de 1.000 ppm (8horas – TWA) es recomendado por ACGIH (1998-1999). Los envases de R22 deben almacenarse en lugares frescos, secos y ventilados alejados de fuentes de calor. En caso de fuga de R22 los vapores son más pesados que el aire y se acumularán a nivel del suelo. (Plusfroid, 2006, p. 2)

3.5.4 Gráfica de presiones del refrigerante r22

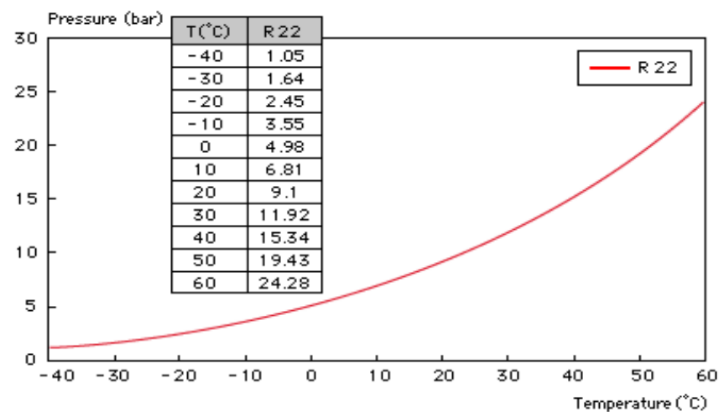


Figura 3. 1: Grafica de presiones del refrigerante R22.

Tabla 3. 3: Tabla de datos del R22 a diferentes temperaturas.

TEMP. (°C)	PRESION ABSOLUTA (bar)		DENSIDAD (dm ³ /kg)		ENTALPIA (kJ/Kg)		ENTROPIA (kJ/Kg.K)	
	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO	BURBUJA	ROCIO
-40	1.054	1.054	0.709	206.469	155.53	389.31	0.8254	1.8281
-35	1.321	1.321	0.716	167.364	160.95	391.78	0.8483	1.8175
-30	1.638	1.638	0.724	136.947	166.39	394.21	0.8708	1.8078
-25	2.012	2.012	0.732	113.026	171.87	396.61	0.8930	1.7987
-20	2.448	2.448	0.740	94.020	177.38	398.97	0.9148	1.7902
-15	2.953	2.953	0.749	78.775	182.94	401.28	0.9364	1.7822
-10	3.535	3.535	0.758	66.437	188.56	403.53	0.9578	1.7747
-5	4.201	4.201	0.767	56.376	194.24	405.71	0.9790	1.7676
0	4.958	4.958	0.777	48.085	200.00	407.82	1.0000	1.7608
5	5.815	5.815	0.788	41.223	205.84	409.84	1.0209	1.7543
10	6.779	6.779	0.799	35.498	211.78	411.77	1.0418	1.7481
15	7.859	7.859	0.811	30.691	217.82	413.60	1.0626	1.7420
20	9.063	9.063	0.824	26.628	223.99	415.31	1.0834	1.7361
25	10.401	10.401	0.838	23.176	230.29	416.89	1.1043	1.7302
30	11.882	11.882	0.852	20.225	236.74	418.32	1.1253	1.7243
35	13.514	13.514	0.868	17.690	243.37	419.58	1.1464	1.7183
40	15.309	15.309	0.885	15.500	250.19	420.65	1.1678	1.7122
45	17.275	17.275	0.903	13.598	257.23	421.50	1.1895	1.7058
50	19.424	19.424	0.923	11.939	264.53	422.11	1.2116	1.6992

Fuente: (Plusfroid, 2006)

3.6 Refrigerante Propano (R290)

3.6.1 Características y aplicaciones

El propano o R290, es un hidrocarburo que se utiliza en algunos equipos de refrigeración, como bombas de calor, equipos de refrigeración comercial, etc. Es muy importante cuando se trabaja con refrigerantes del tipo hidrocarburos que estos sean de alta pureza, ya que cualquier proporción con otras impurezas, como sulfuros, agua, etc, pueden contribuir a la degradación de los aceites lubricantes de la instalación, rotura de compresores, etc. (Refecol, s. f., p. 1)

También ocurre a veces, que si el hidrocarburo no es de alta pureza, pueden ir mezclados con él otros hidrocarburos, pudiendo variar drásticamente las propiedades físicas y termodinámicas del hidrocarburo original. El propano que se utiliza en aplicaciones de refrigeración no está olorizado como los de uso doméstico (el hidrocarburo doméstico se oloriza para que sea rápidamente detectable en el caso de fuga), no siendo fácilmente detectable en caso de fugas. (Gas servei, s. f., p. 1)

3.6.2 Propiedades físicas.

Tabla 3. 4: Propiedades físicas.

Peso Molecular	44,1
Temper. De ebullición (°C)	-42,1
Temp. Critica (°C)	96,7
Presión crítica (bar, Abs.)	42,48
Glide de Temper. (°C)	0

Temperatura crítica: 96.7 (°C)

Peso molecular: 44.1 (kg/kmol)

Capacidad volumétrica: 1164 (Kj/m³)

Punto de ebullición: -42.1 (°C)

3.6.3 Condiciones de Evaporación (Cond. Evap)

Presión absoluta en bar, a 2°C: 5 (bar)

Densidad del líquido en (Cond. Evap.): 521.1 (kw/m³)

Densidad del vapor en (Cond. Evap.): 10.98 (kg/m³)

Conductividad térmica del líquido en (Cond. Evap.): 0.1 (W/mK)

Conductividad térmica del vapor en (Cond. Evap.): 0.01 (W/mK)

Capacidad calorífica del líquido a presión cte. en (Cond. Evap.): 2.46 (kJ/kgK)

Capacidad calorífica del vapor a presión cte. en (Cond. Evap.): 1.8 (kJ/kgK)

3.6.4 Condiciones de Condensación (Cond. Condens.)

Presión absoluta en bar, a 44°C: 14.9 (bar)

Densidad del líquido en (Cond. Condens.): 463.17 (kg/m³)

Densidad del vapor en (Cond. Condens.): 33.22 (kg/m³)

Conductividad térmica del líquido en (Cond. Condens.): 0.08 (W/mK)

Conductividad térmica del vapor en (Cond. Condens.): 0.02 (W/mK)

Capacidad calorífica del líquido a presión cte. en (Cond. Condens.): 2.88 (kJ/kgK)

Capacidad calorífica del vapor a presión cte. en (Cond. Condens.): 2.38 (kJ/kgK). (Anton Natural, s. f., p. 2)

3.6.5 Aceites compatibles.

El propano, lo mismo que el resto de los refrigerantes del tipo hidrocarburos, tienen en general muy buena miscibilidad con cualquier tipo de lubricante. Debido a la buena solubilidad que existe entre los aceites minerales y estos refrigerantes, hay sistemas donde puede ser necesario utilizar aceites de mayor viscosidad para compensar ese exceso de solubilidad.

Los lubricantes que contienen silicona o silicatos no son recomendables. En cualquier caso nuestra recomendación es que sigan las instrucciones, o se utilicen los lubricantes recomendados por el fabricante del compresor. (Gas servei, s. f., p. 1)

Tabla de aceites compatibles.

Tabla 3. 5: Tabla de aceites compatibles.

LUBRICANTE	COMPATIBILIDAD
MINERAL (M)	Compatible con refrigerantes de tipo hidrocarburos. Presentan excesiva solubilidad en aplicaciones de alta temperatura. Se puede compensar esta situación utilizando aceites minerales de mayor viscosidad.
ALQUIBENCENICOS (AB)	Totalmente compatible.
SEMISINTETICOS (M+AB)	La mezcla de aceite mineral y alquibencénico es la más apropiada para trabajar con este tipo de refrigerantes.
POLIOLÉSTER (POE)	Demasiada solubilidad con los hidrocarburos. Puede requerir utilizar POE de mayores viscosidades.
POLIALQUILENGLICOLES (PAG)	Solubles, dependiendo de las condiciones de trabajo.
POLIALFAOLEFINAS (PAO)	Solubles, recomendado para aplicaciones de baja temperatura.

Fuente: (Gas servei, s. f.)

3.6.6 Inflamabilidad del propano.

Tabla 3. 6: Inflamabilidad del propano.

Refrigerantes	Límite inferior de inflamabilidad		Temperatura de auto ignición (°C)
	En volumen (%)	Peso (kg/m ³)	
R290 (propano)	2,1	0,038	470

3.6.7 Tabla de presión/temperatura

Tabla 3. 7: Tabla de presión/temperatura.

Temp. (°C)	R290
-50	0.70
-48	0.77
-46	0.85
-44	0.93
-42	1.02
-40	1.11
-38	1.21
-36	1.32
-34	1.43
-32	1.55
-30	1.68
-28	1.81
-26	1.96
-24	2.11
-22	2.27
-20	2.44
-18	2.63
-16	2.82
-14	3.02

Temp. (°C)	R290
-12	3.23
-10	3.45
-8	3.69
-6	3.93
-4	4.19
-2	4.46
0	4.74
2	5.04
4	5.35
6	5.67
8	6.01
10	6.36
12	6.73
14	7.12
16	7.52
18	7.93
20	8.36
22	8.81
24	9.28

Temp. (°C)	R290
26	9.76
28	10.27
30	10.79
32	11.33
34	11.89
36	12.47
38	13.07
40	13.69
42	14.33
44	15.00
46	15.69
48	16.40
50	17.13
52	17.89
54	18.67
56	19.47
58	20.30

(Presión: Bares manométricos)

Fuente: (Gas servei, s. f.)

3.6.8 Normas de seguridad

Al igual que con otros gases refrigerantes, el manejo del R-290 exige el cumplimiento de un conjunto de reglas para mantener a salvo a las personas y evitar cualquier tipo de accidentes, por lo que debes asegurarte de verificar los siguientes puntos en caso de una fuga:

- Cierra el paso del gas en caso de que no corras peligro
- Verifica que no haya llamas ni chispas
- No prendas las luces ni utilices aparatos electrónicos como celulares, teléfonos convencionales, etcétera
- Abandona el área de inmediato y asegúrate de que nadie se mantenga en el lugar

- Da aviso de fuga para que otras personas se pongan a salvo
- No regreses al área hasta que el proveedor de gas propano considere que es seguro
- Revisa el sistema para asegurarte de que no haya fugas. (Cero Grados, s. f., p. 1)
-

3.6.9 Equipos de protección personal

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) establece un TLV-TWA (límite permisible de exposición en una jornada promedio de trabajo de ocho horas) de 1000 ppm (1800 mg/m³) para el gas propano. Con base en esto y en las propiedades del producto, los equipos de protección personal son:

- **Protección respiratoria:** para concentraciones menores al TLV es recomendable utilizar un respirador de media cara con filtro para vapores orgánicos (debido al contenido de mercaptano que se usa como odorante). Para concentraciones superiores, en cambio, utilizar un respirador con línea de aire o equipo auto contenido, ya que no existe un filtro capaz de capturar propano
- **Ropa protectora:** utilizar materiales que no produzcan cargas electrostáticas, por ejemplo, en polipropileno antiestático, algodón o cualquier otra fibra natural
- **Protección visual:** aunque el propano no produce efectos sobre los ojos es recomendable usar mono gafas o gafas de seguridad, debido a posibles irritaciones a causa del mercaptano
- **Guantes:** no necesarios cuando no se manipula propano líquido. (Cero Grados, s. f., p. 2)

Capítulo 4

4.1 Adaptabilidad del propano como reemplazo del refrigerante R22

La justificación que se da para poder él realizar esta metodología para la adaptabilidad del refrigerante r290 por R22 es por su alto grado de destrucción de la capa de ozono y un elevado potencial de calentamiento global, a su vez en nuestro país, pronto saldrá de circulación el refrigerante r22 entonces lo que se pretende lograr es que los equipos que con el tiempo operan con el r22 tengan la posibilidad de someterse a una reconversión para que puedan seguir en funcionamiento, además que el grupo de hidrocarburos como el propano, isobutano, butano presentan un potencial de cero en la destrucción de la capa de ozono y con un bajo potencial de calentamiento global como se muestra en la siguiente figura.

Tabla 4. 1: Diferencias de potencial de destrucción de la capa de ozono/ Potencial de Calentamiento Global.

FLUIDO	Potencial de Destrucción de la Capa de Ozono	Potencial de Calentamiento Global
R12	100	8500
R134a	0	1300
R600a	0	11
R290	0	3
R401B	3,5	1060
R409A	5	1290

4.2 Comparación entre el refrigerante R22 y el propano R290

Tabla 4. 2: Propiedades Termo físicas de los gases R-22 Y R-290.

Nombre comercial	R-22	R-290
Fórmula química	CHF ₂ CL	C ₃ H ₆
Temperatura crítica en °C	96.1	96.7
Peso molecular en kg/kmol	86.5	44.1
Capacidad volumétrica kJ/m ³	1244	1164
Punto de ebullición normal en °C	-40.8	-42.1
Entalpía de vaporización. a 2 °C kJ/kg	203.34	370.61
Condiciones de evaporación (Cond. Evap.)	t ₀ = 2°C p=5.3 bar	t ₀ = 2°C p=5 bar
Presión absoluta en bar a 2 °C	5.3	5
Densidad del líquido en (Cond. Evap.) kw/m ³	1278.77	521.1
Densidad del vapor en (Cond. Evap.) kg/m ³	22.72	10.98
Conductividad térmica del líquido en (Cond. Evap.) W/m K	0.099	0.1
Conductividad térmica del vapor en (Cond. Evap.) W/m K	0.0095	0.01
Viscosidad del líquido en (Cond. Evap.) kg/ m s	2.3*10 ⁻⁴	10-abr
Viscosidad del vapor en (Cond. Evap.) kg/ m s	12*10 ⁻⁶	7.39*10 ⁻⁶
Capacidad calorífica del líquido a presión cte. en (Cond. Evap.) kJ/kgK	1.17	2.46
Capacidad calorífica del vapor a presión cte. en (Cond. Evap.) kJ/kgK	0.73	1.8
Condiciones de condensación (Cond. Condens.)	t ₀ = 44°C p _k =16.8 bar	t ₀ = 44°C p _k =14.9 bar
Presión absoluta en bar a 44 °C	16.8	14.9
Densidad del líquido en (Cond. Condens.) kg/ m ³	1113.58	463.17
Densidad del vapor en (Cond. Condens.) kg/m ³	72.9	33.22
Conductividad térmica del líquido en (Cond. Condens.) W/m K	0.07	0.08
Conductividad térmica del vapor en (Cond. Condens.) W/m k	0.012	0.02
Viscosidad del líquido en (Cond. Condens.) kg/ m s	18*10 ⁻⁵	9.73*10 ⁻⁵
Viscosidad del vapor en (Cond. Condens.) kg/ m s	14.6*10 ⁻⁶	9.36*10 ⁻⁶
Capac. Calorífica del líquido a presión cte., en (Cond. Condens.) kJ/kgK	1.35	2.88
Capac. Calorífica del vapor a presión cte., en (Cond. Condens.) kJ/kgK	0.99	2.38
Toxicidad	Baja	Media
Inflamabilidad	Nula	Alta
Potencial de destrucción del ozono ODP	0.55	0
Potencial de calentamiento global GWP	1810	20

Fuente: (Rosillo C Fernando, 2011)

Para realizar este propósito es muy importante saber el parámetro que deben compararse entre ambos refrigerantes y son los siguientes:

- Diferencia entre las presiones alta y baja del sistema de aire acondicionado
-

4.3 Diferencia entre las presiones alta y baja del sistema de aire acondicionado

Asumiendo que la temperatura promedio en la ciudad de Guayaquil es de 30°, se establece que la temperatura de condensación para esta comparación de refrigerantes es de 40°C y que la temperatura de evaporación es de 7°C.

Para poder determinar la temperatura de condensación, se recomienda que debe sumarse a la temperatura de la media ambiente (30°) + 10, la temperatura es de 40°C.

Por su parte, la justificación de haber escogido la temperatura de evaporación ya mencionada se debe a que de forma general para equipo de aire acondicionado doméstico ésta variable debe oscilar en el rango desde los -10 hasta los 10°C (como lo recomendación de los fabricantes), escogimos una temperatura apropiada para este caso.

4.4 Diferencia entre las presiones alta y baja del sistema de aire acondicionado.

Tabla 4. 3: Diferencia entre las presiones alta y baja del sistema de aire acondicionado.

Refrigerante	Tcondensación=40°C	Tevaporación=7°C	ΔP [Mpa]	Porcentaje %
	Pbaja [MPa]	Palta[MPa]		
R-22(original)	1.5280	0.6182	0.9098	100%

R-290 (sustituto)	1.3671	0.5779	0.7892	86.7
----------------------	--------	--------	--------	------

Se concluye que con esta variación entre la presión alta y baja para un compresor que emplea en el sistema refrigerante R-22, es un 13,3% mayor que cuando se emplea R-290 en ese mismo compresor; por lo tanto el reemplazo del refrigerante R-22 por el refrigerante R-290 resulta conveniente, debido a que se puede mantener el mismo compresor, debido a que este va a trabajar en un menor tanto de presión del que originalmente fue diseñado.

4.5 Metodología para la reconversión de refrigerante R22 a R290.

- **En un equipo listo para la reconversión.**

Para la reconversión del Gas refrigerante R22 por el R290 se requiere un procedimiento técnico que debe ser realizado y observado con extremo cuidado, debido al riesgo ambiental y técnico que implica, de no aplicarse las medidas adecuadas en la realización de los trabajos se obtendría un resultado no deseado.

El refrigerante R22 que será el gas sustituido posee propiedades muy agresivas para la capa ozono de la atmósfera, constituyendo uno de los agentes que más contribuye al calentamiento global, por lo que tanto su extracción controlada, captura y almacenamiento debe considerarse como una prioridad principal dentro de las tareas técnicas durante el proceso de reconversión.

El refrigerante R290 que constituye el sustituto, este no presenta peligros ambientales, pero requiere un ser manipulado bajo estrictas medidas de control técnico, debido a sus características que tiene de ser inflamable, se debe garantizar un vaciado perfecto del sistema y la inyección del gas en ausencia total de oxígeno.

Para realizar el sellado de las cañerías de cobre se debe realizar mediante soldadura con plata entre el 5% y el 15%. Esto garantiza que no queden poros en las soldaduras.

- **En un equipo que presenta daños como:**

- a) Como fuga de gas refrigerante.**

La fuga del gas refrigerante en tu sistema de aire acondicionado (AC) es un problema que debe solucionarse tan pronto como ocurra. En caso contrario, tu sistema eventualmente dejará de producir suficiente aire frío.

Entre las causas más comunes están:

- La corrosión, ya que cuando el evaporador o la bobina de condensación se corroen, pueden provocar fugas.
- Fallo en la instalación
- Desgaste en las líneas de refrigerante

Se recomienda suspender el uso de tu unidad tan pronto como detectes una fuga del gas refrigerante en él. Lo siguiente que deberás hacer es sellar la fuente de la fuga.

Pasos a seguir en presencia de una fuga

Paso 1 – Localiza la fuga

La mejor manera de determinar exactamente dónde ocurre la fuga del gas refrigerante es usar un detector de fugas. El detector recomendado es uno de fugas de gas halógeno: detectará específicamente la fuga de un gas halógeno como el refrigerante. Use el detector para localizar la fuga exacta del gas, que será el lugar donde necesitarás realizar la reparación.

Paso 2 – Eliminar el gas refrigerante

Antes de que empieces con los trabajos de reparación, debes retirar todo el refrigerante de la unidad. Deberás conectar una bomba de refrigerante a tu sistema de aire acondicionado para eliminar todo el gas.

Paso 3 – Arreglar la fuga

Válvula

Si la fuga del gas refrigerante se encuentra en una válvula, límpiala a fondo y asegúrate de que esté correctamente conectada. Prueba esto primero y luego vuelve a realizar la prueba con el detector de gas.

Si la fuga aún está presente, deberás reemplazar la válvula. Este simple reemplazo implica quitar la válvula existente y colocar una nueva válvula en su lugar.

Tubería

Si existe una fuga dentro de la tubería de la unidad, deberás sellarla. Esto requerirá que sueldes la línea. Necesitarás usar una antorcha y soldadura de muy alta temperatura con un alto contenido de plata para esta reparación. Inspeccione visiblemente la línea para ver si puede detectar la grieta o la fuga.

Si la fuga es pequeña, puede soldar la línea sobre el área con fugas para repararla. Si la fuga es grande o la grieta es grande, será mejor que corte el área dañada de la línea y la reemplace con un nuevo trozo de tubería que pueda soldar en su lugar.

Paso 4 – Recarga el refrigerante

Una vez que se haya reparado la fuga, deberá recargar la unidad reemplazando el gas refrigerante con uno nuevo en este caso el R290. Asegúrate de no agregar demasiado, ya que esto no mejorará el rendimiento de tu unidad, sino que lo dificultará.

Las unidades de aire acondicionado funcionan mejor cuando se agrega la cantidad exacta de gas refrigerante requerido de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

b) En un equipo que presenta el compresor averiado (Ya sea quemado, o averiado)

Los pasos a seguir son los siguientes:

Se procede a sacar el compresor averiado del acondicionador de aire para poder de ahí realizar una limpieza total del sistema del equipo con un líquido limpiador de sistemas, su función es extraer y eliminar las impurezas del sistema, los residuos del aceite quemado y demás, para luego proceder a realizar la instalación del nuevo compresor. Una vez instalado el nuevo compresor se procede a realizarle un vacío al sistema, chequear que no haya presencia de alguna fuga para luego proceder a cargar el equipo con el nuevo gas refrigerante R290. Y el equipo está listo para ser puesto en operación.

CAPITULO 5

5.1 Conclusiones

- Es factible utilizar el gas propano como refrigerante en un equipo de aire acondicionado doméstico tipo ventana en reemplazo del refrigerante R-22 sin necesidad de efectuar un cambio en los diferentes elementos del equipo debido a que el gas propano es un refrigerante natural y entre sus características hay que si es compatible con el aceite y demás elementos que trabajo un equipo diseñado para funcionar con R-22.
- El parámetro de inflamabilidad que tendría el equipo al que se le aplicaría la metodología para la reconversión del gas refrigerante R-22 por el R-290 seria reducida a un riesgo mínimo si se lo efectúa con buenas practicas técnicas de refrigeración tales como realizar una buena soldadura, un adecuado barrido de nitrógeno al sistema junto con su proceso de vacío estrictamente necesario mediante la utilización de los equipos apropiados, que encuentre correctamente calibrados para dicha operación, lo que por medio de esto garantizara a la final que no se presente fugas de refrigerante en el sistema.
- En el caso de existir fugas con el equipo en funcionamiento estas se verán evacuadas por el movimiento del ventilador ubicado dentro del equipo.
- La masa del propano (R-290) que el equipo de aire acondicionado necesita para un funcionamiento adecuado es aproximadamente el 48% de la masa del refrigerante R-22 que originalmente viene cargado en el sistema.
- Mediante parámetros teóricos se determinó que el trabajo que realizaría un compresor con refrigerante R-290 es menor al que realizaría trabajando con R.22.
- Con este trabajo de investigación queda la opción que se efectuó de manera práctica la aplicación de esta metodología para la reconversión de equipos que vienen funcionando con el gas refrigerante R-22 por el R-290. Que Con cuyo uso de dicho

refrigerante se busca poder reutilizar los equipos fabricados para operar con R-22, así obteniendo un equipo funcionando con un refrigerante natural (ecológico), que no representa peligro a la capa de ozono, amigable con el medio ambiente y a su vez el compresor trabaja en menor de rango permitiendo que el equipo consuma una menor cantidad de energía eléctrica, con la cual se mejora la eficiencia energética en el equipo.

5.2 Recomendaciones

- Al momento de efectuar el cambio de refrigerante en un equipo de aire acondicionado, el proceso de extracción y recuperación del refrigerante R-22 para su almacenaje o destrucción debe ser realizado con buenas prácticas técnicas y con el equipo apropiado. Todo esto debido a su contribución negativa en la destrucción de la capa ozono y la generación de efecto invernadero.
- Es recomendable que si se va emplear esta metodología para la reconversión de equipos acondicionadores de aire domésticos, sea realizado por personas calificadas para efectuar este tipo trabajo y lo realice con buenas practicas técnicas.
- El uso del R-290 como refrigerante conlleva mucha responsabilidad debido a sus características inflamables, aplicando la metodología de manera correcta y respetando todos los parámetros para su aplicación, se podrá realizar el trabajo de manera óptima y efectiva.

REFERENCIAS

- Anton Natural. (s. f.). *Anton Natural 290*.
- Arias, F. (1999). *El proyecto de la investigación*.
- Arias, F. (2012). *EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN* (6a Edición). Recuperado de <https://docplayer.es/69983158-El-proyecto-de-investigacion-6a-edicion.html>
- Castellán, G. W. (1987). *Fisicoquímica*. México; Bogotá: Addison-Wesley Iberoamérica.
- Cengel, Y. A., Pérez, J. H., & Enríquez, J. (2007). *Transferencia de calor y masa: Un enfoque práctico*. México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Cero Grados. (s. f.). El R-290 y su manejo | Revista Cero Grados. Recuperado 11 de agosto de 2019, de <https://0grados.com.mx/r-290-manejo/>
- Contreras, R. (2011). *Refrigerantes y su impacto ambiental*.
- Gas servei. (s. f.). *Ficha técnica R290 propano*.
- Gonzáles, R. (2019). *Rediseño del sistema eléctrico general del conjunto residencial Valdivia bloque # 8 de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil-Ecuador.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed). México, D.F: McGraw-Hill.
- Holman, J. P., & Valenzuela. (1986). *Transferencia de calor*. México: CEECSA.
- López, N. B. C., Paula André Daza Jiménez, & Álvarez, M. T. G. (2011). *Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura*.

- Menéndez, M., Santamaría, E., & Vega, R. (2015). *Adaptación de una metodología basada en normas Internacionales para el cálculo de eficiencia en unidades de aire acondicionado de expansión*. Universidad de el Salvador.
- Metrogas. (2018). *¿Qué es eficiencia energética?* Recuperado de http://www.metrogas.cl/files/Que_es_EE.pdf
- Plusfroid. (2006). *Ficha técnica del refrigerante r22*. Recuperado de <http://plusfroid.pt/wp-content/uploads/2015/04/R22.pdf>
- Refecol. (s. f.). *Ficha técnica refrigerante R290*.
- Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas*. (2001, Febrero 4). Recuperado de <http://iesmachado.org/web%20insti/depart/produccion/apuntes/files/Reglamentos/RSIF.pdf>
- Rey Martínez, F. J., & Velasco, E. (2005). *Bombas de calor y energías renovables en edificios*. Madrid: Thomson-Paraninfo.
- Sánchez, M. T., & Pineida. (2005). *Ingeniería del frío: Teoría y práctica*. Madrid: AMV Ediciones : Mundi-Prensa.
- Sandoval, G. P., & Salgado, C. A. (2013). *Estudio del empleo de propano y gas licuado de petróleo como sustitutos ecológicos del refrigerante r22 en sistemas de aire acondicionado doméstico*. Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Scalofrios. (2006). *Ficha técnica r22*. Recuperado de <http://www.scalofrios.es/frio/Refrigerantes/fichastecnicas/HCFCS.pdf>
- Taza, B. del R. (2017). *RAZÓN DE FLUJO DE GAS REFRIGERANTE EN ESTADO DINÁMICO EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR* (Universidad Nacional Centro de Peru). Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3797/Quispe%20Meza%20Taza%20Ordo%c3%b1ez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Vinueza, D. O. (2016). *SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE ENFRIAMIENTO RÁPIDO EN LOS PROCESOS DE CONSERVACIÓN DE CONFITES DE LA EMPRESA CONFITECA*. (Universidad Central del Ecuador). Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12959/1/T-UCE-0010-003-2017.pdf>



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Echeverría Cruz, Jonathan Gabriel**, con C.C: **0921685244** autor del trabajo de titulación: **Metodología para el uso del R290 en sustitución del R22 en acondicionadores de aire tipo ventana ubicados en la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la UCSG para mejorar su eficiencia energética**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Eléctrico-Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **16 de septiembre** de **2019**

f. _____

Nombre: **Echeverría Cruz, Jonathan Gabriel**

C.C: **0921685244**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Metodología para el uso del R290 en sustitución del R22 en acondicionadores de aire tipo ventana ubicados en la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la UCSG para mejorar su eficiencia energética		
AUTOR	Jonathan Gabriel Echeverría Cruz		
REVISOR/TUTOR	Ing. Celso Bayardo Bohórquez Escobar Msc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Eléctrico – Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Eléctrico–Mecánica con Mención en Gestión Empresarial Industrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de septiembre de 2019	No. PÁGINAS:	80
ÁREAS TEMÁTICAS:	Eficiencia energética, refrigerantes, climatización.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	<i>Refrigerantes, Ahorro Energético, Reconversión, Refrigeración, Climatización, Medio Ambiente.</i>		
RESUMEN/ABSTRACT :	<p>En el presente trabajo de titulación como objetivo general se enfoca en realizar una guía metodológica para realizar la sustitución del refrigerante R-22 por el R-290 en acondicionadores de aire tipo ventana de 24.000 btu. Para ello se estudió y analizo el comportamiento de ambos refrigerantes. La metodología que se empleó fue documental, descriptiva y explicativa. Para analizar este comportamiento nos basamos en los datos y características que tienen cada refrigerante así como, los diagramas de Mollier, tablas de presiones/temperaturas, aceites compatibles, características físicas, químicas y termodinámicas. Se plasman las propiedades de ambos refrigerantes y se analiza el trabajo que realizaría el compresor con ambos refrigerantes en base a datos teóricos. Se plantea los pasos a seguir en la metodología para la reconversión, así como también los pasos a seguir cuando un equipo no esté listo para la sustitución del refrigerante y presenten daños como fuga de gas refrigerante y compresor averiado. Se espera que con este trabajo se contribuya a la reutilización de los equipos que fueron diseñados para operar con R-22, a mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental que se genera con el uso de los refrigerantes.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593939006297	E-mail: jonathan290696@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Philco Asqui, Luis Orlando		
	Teléfono: +593-9-980960875		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			