



UNAP



**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
“REFRIGERANTES Y SU IMPACTO AMBIENTAL”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

PRESENTADO POR:

MARIA TERESA VINATEA TIZON

ASESOR:

Ing. GIORGIO SERGIO URRO RODRIGUEZ, Mtro.

IQUITOS, PERÚ

2018



UNAP

Facultad de
Industrias Alimentarias

ACTA DE EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL AÑO 2018

En la ciudad de Iquitos, siendo las 19:55 horas, del día Miércoles 28 de noviembre de 2018, en el Auditorio de la Oficina General de Bienestar Universitario de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se reunió el Jurado Calificador del Examen de Suficiencia Profesional Año 2018, designado con Resolución Decanal N° 254-FIA-UNAP-2018, con la presencia del Secretario Académico de la Facultad de Industrias Alimentarias, para dar inicio a la defensa de la Memoria Descriptiva titulado: **“REFRIGERANTES Y SU IMPACTO AMBIENTAL”**, por la Bachiller **MARIA TERESA VINATEA TIZON**, con un tiempo de 15 minutos de exposición, 30 minutos de resolución de las preguntas y 15 minutos de deliberación del Jurado Calificador.

La Bachiller **MARIA TERESA VINATEA TIZON**, en la primera fase del proceso de titulación por la modalidad de Examen de Suficiencia Profesional, en el examen escrito obtuvo la nota de **14**, la que será sumada y promediada con la nota de la presentación oral y defensa de la Memoria Descriptiva.

Luego de la deliberación del Jurado Calificador, la Bachiller **MARIA TERESA VINATEA TIZON**, obtuvo la nota de 18 en la presentación oral y defensa de la Memoria Descriptiva titulada: **“REFRIGERANTES Y SU IMPACTO AMBIENTAL”**,

Siendo las 20:35 horas del día Miércoles 28 de noviembre de 2018, el Jurado Calificador, conformado por don Alenguer Gerónimo Alva Arévalo, Presidente, don Elmer Trevejo Chávez, don Elmer Alberto Barrera Meza, doña Miriam Ruth Alva Angulo y don Juan Alberto Flores Garzatúa, al consolidar las notas del examen escrito y la presentación oral, con un valor de 50% cada una, tal cual lo establece el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Industrias Alimentarias en su Artículo 44° incisos a, b, c, d, y e, la Bachiller **MARIA TERESA VINATEA TIZON** obtuvo la nota de 16 y declaran que, ha aprobada el **EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL** con el calificativo de buena y esta apta para iniciar sus trámites administrativos para la obtención del Título Profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, en fe de lo cual suscriben la presente ACTA en ocho (8) ejemplares. Para constancia firmamos el presente documento;


 Presidente
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 46167


 Miembro
 Ingeniero Pesquero
 CIP: 10482


 Miembro
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 110648


 Miembro
 Licenciada en Educación
 CIP: 6130


 Miembro
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 11664


 Asesor
 Ingeniero en Industrias Alimentarias
 CIP: 78406




MIEMBROS DEL JURADO

Examen de Suficiencia Profesional aprobada en Sustentación Pública en la ciudad de Iquitos en las instalaciones del Auditorio de la Oficina General de Bienestar Universitario de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, llevado a cabo el día Miércoles 28 de Noviembre del 2018, siendo los miembros del jurado calificador los abajo firmantes:



ALENGUER GERÓNIMO ALVA ARÉVALO

Presidente



ELMER TREVEJO CHÁVEZ

Miembro



MIRIAM RUTH ALVA ANGULO

Miembro



JUAN ALBERTO FLORES GARAZATÚA

Miembro



ELMER ALBERTO BARRERA MEZA

Miembro

ASESOR



GIORGIO SERGIO URRO RODRIGUEZ
Asesor

Dedico a mis padres Mauro y Fabiola, a mi hermano y a mi familia en general; porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

María Teresa Vinatea Tizón.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que, con su demostración de una madre ejemplar, me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre preservar a través de sus sabios consejos.

A mi padre, que siempre lo he sentido presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

A mi hermano, por ser un gran amigo para mí.

A mis abuelos Carlos Raúl Vinatea Cabrejos y Teresa María Collazos de Vinatea, por quererme y apoyarme siempre, esto también se los debo a ustedes.

A mi gran amigo Carlos Niño Torres, por el apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo.

INDICE

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE EXAMEN DE SUFICIENCIA PROFESIONAL AÑO 2018	ii
MIEMBROS DEL JURADO	iii
ASESOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
INDICE	vii
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. OBJETIVO GENERAL	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. Gases Refrigerantes.....	3
3.2. Tipos de refrigerantes	6
3.2.1. Inorgánicos	6
3.2.2. Agua	6
3.2.2.1. Propiedades Físicas	6
3.2.2.2. Propiedades Químicas	7
3.2.3. Anhídrido Carbónico.....	8
3.2.3.1. Propiedades Físicas	9
3.2.4. Amoníaco	9
3.2.5. Blends o Mezclas Azeotrópicos	10
3.2.6. Blends Zeotrópicos.....	11
3.3. Clorofluorocarbonos (CFC)	11
3.4. Hidroclorofluorocarbonos (HCFC).....	12
3.5. Hidrofluorcarbonos (HFC)	12
3.6. Mezclas de Refrigerantes.....	13
3.7. Los Gases Refrigerantes como Sustancias Peligrosas	15
3.8. Efecto Frigorífico del Refrigerante.....	16
3.9. Volúmenes de desplazamiento de refrigerante.....	17
3.10. Propiedades de los Refrigerantes	18

3.11. Propiedades Termodinámicas	18
3.11.1. Presión	18
3.11.2. Temperatura	18
3.11.3. Volumen	20
3.11.4. Entalpía	21
3.11.4.1. Entalpía del Líquido Saturado (hf).....	21
3.11.4.2. Entalpía de Evaporación (hfg).....	21
3.11.4.3. Entalpía del Vapor Saturado (hg).....	22
3.11.5. Densidad	23
3.12. Recuperación de refrigerantes.....	24
3.13. Equipo para recuperar refrigerante	25
3.14. Reciclaje de refrigerantes.....	27
3.15. Ventajas del proceso de recuperación y reciclaje.....	28
3.16. Los Refrigerantes, La Capa De Ozono, El Calentamiento Global, El Medio Ambiente y El Hombre.....	28
3.16.1. La Atmósfera	28
3.16.2. Capas de la Atmósfera Terrestre, La Temperatura y El Daño Atmosférico.....	30
3.16.2.1. Efecto Invernadero	30
3.16.2.2. Lluvia Ácida	38
3.16.2.3. Destrucción de la Capa de Ozono	39
3.16.2.4. El Impacto del Gas Natural en el Medio Ambiente.	41
3.16.3. El Ozono (O ₃)	41
3.16.3.1. O.D.P. (OZONE DEPLETION POTENTIAL)	44
3.16.3.2. G.W.P. (GLOBAL WARMING POTENCIAL).....	45
3.16.3.2.1. Los Gases Refrigerantes Fluorados (F-GASES)	45
3.16.3.2.2. Los Gases Refrigerantes No Fluorados.....	46
3.16.3.3. El Equilibrio Dinámico del Ozono	46
3.16.4. Implicaciones en el planeta	47
IV. CONCLUSIONES.....	49
V. RECOMENDACIONES.....	50
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
VII. ANEXOS.....	55
VIII. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	61

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Refrigerante, Características, Uso y Observaciones.	14
Tabla 2. Clasificación de Gases Refrigerantes de Acuerdo al Nivel de Toxicidad o Inflamabilidad.	16
Tabla 3. Potenciales de Agotamiento a la Capa de Ozono y Calentamiento Global.....	37

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Nomenclatura de designación de los tipos de refrigerantes.	5
Figura 2. Potencia Frigorífica del R-410A comparada con el R-22.....	17
Figura 3. Efecto Invernadero y Calentamiento Global.	33
Figura 4. Proceso esquemático de la destrucción de las moléculas de Ozono al contacto.	36
Figura 5. Destrucción de la capa de ozono.	40
Figura 6. Locación de la Capa de Ozono en la Superficie de la Tierra.	43
Figura 7. Proceso de destrucción de la Capa de Ozono.	45

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Relaciones P-T para varios refrigerantes comunes.....	56
Anexo 2. Relación de presión - temperatura para varios refrigerantes.	57
Anexo 3. Guía de aplicaciones de algunos refrigerantes substitutos disponibles comercialmente.	58
Anexo 4. Gases Refrigerantes Clorofluorocarbonados.	59
Anexo 5. Código de colores para los contenedores de algunos refrigerantes comunes.....	60

RESUMEN

Los refrigerantes son fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración mecánica, climatización de espacios y conservación de alimentos. Cualquier sustancia que cambie de líquido a vapor y viceversa, puede funcionar como refrigerante, dependiendo del rango de presiones y temperaturas a la que se realizan estos cambios, tendrá una aplicación comercialmente útil. Sin embargo, algunos de los elementos del proceso son perjudiciales para nuestro planeta. Existe una gran cantidad de fluidos refrigerantes fácilmente licuables; sin embargo, sólo unos pocos se utilizan actualmente. Algunos se usaron mucho en el pasado, pero se eliminaron al ingresar otros con ciertas ventajas y características que los hacen más apropiados. Recientemente, se decidió suspender algunos de esos refrigerantes antes del año 2000, como R-11, R-12, R-113, R-115, etc.; debido al deterioro que causan a la capa de ozono en la estratósfera. En cambio, se usarán otros refrigerantes como R-123, el R-134a y algunas mezclas ternarias. Los grandes fabricantes de refrigerantes, continúan trabajando en el desarrollo de nuevos productos. Los refrigerantes del tipo HCFC, (sustitutos de los CFC) son menos dañinos para la capa de ozono, con un potencial de agotamiento de la capa de ozono de 0.05 y tienen una fecha más distante para su cese de producción y uso. Otro impacto ambiental de los refrigerantes CFC y HCFC es el aumento del efecto invernadero.

El potencial de agotamiento del ozono es un número que se refiere a la cantidad de destrucción de ozono estratosférico causada por una sustancia del refrigerante. Es la razón entre el impacto sobre el ozono causado por una sustancia determinada y el impacto causado por una masa similar de CFC-11 (el potencial de agotamiento del CFC-11 se define como grado 1).

Palabras claves: refrigerantes, capa de ozono, efecto invernadero, agotamiento del ozono.

ABSTRACT

Refrigerants are vital fluids in any mechanical refrigeration system, space air conditioning and food preservation. Any substance that changes from liquid to vapor and vice versa, can function as a refrigerant, depending on the range of pressures and temperatures at which these changes are made, it will have a commercially useful application. However, some of the elements of the process are harmful to our planet. There is a large amount of easily liquefiable refrigerant fluids; However, only a few are currently used. Some were used a lot in the past, but were eliminated by entering others with certain advantages and features that make them more appropriate. Recently, it was decided to suspend some of these refrigerants before the year 2000, such as R-11, R-12, R-113, R-115, etc.; due to the deterioration they cause to the ozone layer in the stratosphere. Instead, other refrigerants such as R-123, R-134a and some ternary mixtures will be used. Large refrigerant manufacturers continue to work on the development of new products. The refrigerants of the HCFC type, (substitutes for CFCs) are less harmful to the ozone layer, with an ozone depletion potential of 0.05 and have a more distant date for their cessation of production and use. Another environmental impact of CFC and HCFC refrigerants is the increase in the greenhouse effect.

The ozone depletion potential is a number that refers to the amount of stratospheric ozone destruction caused by a substance in the refrigerant. It is the reason between the impact on ozone caused by a given substance and the impact caused by a similar mass of CFC-11 (the depletion potential of CFC-11 is defined as grade 1).

Keywords: refrigerants, ozone layer, greenhouse effect, ozone depletion.

I. INTRODUCCIÓN

La destrucción de la Capa de Ozono ha sido una de las grandes problemáticas ecológicas más genuinas en los últimos años. El ozono presente en la estratosfera enmarca una capa que nos protege de los rayos ultravioletas del sol; que, en dosis altas, puede ser profundamente destructivo. El hombre, con su actividad productiva ha creado productos que pueden producir sustancias que cuando llegan a la estratosfera deterioran la capa de ozono, lo que produce un profundo desgaste y deterioro de la vida de los seres vivos y su supervivencia **(Zhao, 2011)**.

El problema ambiental desatado por la destrucción de la capa de ozono ha llevado a que países, motivados por esta razón, adopten medidas mediante convenios internacionales que disminuyan el efecto provocado por los compuestos contaminantes, incluyendo a países desarrollados como a países en vías de desarrollo.

El Convenio de Viena, el Protocolo de Montreal y el Protocolo de Kyoto, fueron documentos oficiales y definitivos para conducir el acuerdo y la cooperación de las naciones desarrolladas y en vía de desarrollo, para el establecimiento de metas que permitan organizar proyectos con miras a la disminución de las emisiones atmosféricas que afectan significativamente la naturaleza.

A través de esta Memoria Descriptiva, se pretende alcanzar información para que el desarrollo de los países sea sostenible; buscando a la vez alternativas de (refrigerantes sustitutos, control de fugas, prohibición de sustancias altamente contaminantes, entre otros) que disminuyan los impactos ambientales provocados por la destrucción de la capa de ozono y del efecto invernadero.

II. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Dar a conocer los beneficios que pueden generar el uso de los refrigerantes en la industria de la refrigeración y congelación; así como también del impacto que generan al medio ambiente, debido a sus emisiones desmesuradas al no ser usados correctamente.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dar a conocer la importancia de cada uno de los refrigerantes que se utilizan en la industria de la refrigeración y congelación.
- Dar a conocer la situación del daño atmosférico ocasionado por la utilización de los refrigerantes.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Gases Refrigerantes

Los Gases Refrigerantes son fluidos aptos para mover el calor comenzando con un lado y luego hacia el siguiente en cantidades adecuadas para generar un movimiento de calor, que actúa en un ciclo, impulsados por un compresor que dirige la energía calorífica de un nivel de baja o alta temperatura (evaporador) a un nivel de alta o baja temperatura (condensador), creando variación de temperaturas en un ámbito dado. Hay innumerables refrigerantes que ahora se utilizan en aplicaciones comerciales e industriales. Cada tipo de refrigerante tiene propiedades que varían entre sí, por ejemplo: densidad, calor latente, calor específico, puntos de ebullición y otros factores que influyen en la capacidad del refrigerante para mover el calor **(SEAM/PNUD/PNUMA, 2012; Ortiz, 2010)**.

Los refrigerantes son cualquier sustancia u organismo que funciona como agente de enfriamiento, que retiene el calor de otra sustancia o cuerpo, ya sea hielo, agua, aire, etc. Desde la perspectiva de la refrigeración mecánica mediante evaporación de un líquido y compresión de vapor, caracterizando al refrigerante como un “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”. El refrigerante es considerado como un líquido indispensable en cualquier sistema de refrigeración mecánica. Cualquier sustancia que cambie de líquido a vapor y viceversa, puede funcionar como refrigerante, y dependiendo de la magnitud de presiones y temperaturas a que haga estos cambios, se considerará útil comercialmente **(Sekiya, 2006)**.

Es considerado refrigerante o fluido frigorígeno en el momento que es utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema de refrigeración, ingiere calor a bajas temperatura y presión, exponiéndolo a temperaturas y presiones más altas. Este procedimiento tiene parte, generalmente, con cambios de etapa del fluido **(Sekiya, 2006)**.

Dentro de los fluidos refrigerantes fácilmente licuables, hay un número enorme; sin embargo, sólo unos cuantos se puede utilizar en la actualidad. Algunos de ellos se

utilizaron en cantidades considerables antes; sin embargo, se eliminaron al ingresar otros con ciertas ventajas y características que los hacen más adecuados **(Sekiya, 2006)**.

Últimamente, se decidió poner fin a una parte de estos refrigerantes antes del año 2000, por ejemplo: R-11, R-12, R-113, R-115, etc., debido al daño que causan a la Capa de Ozono en la estratósfera. En su sustitución, se utilizarán otros refrigerantes como, por ejemplo: R-123, el R-134a y algunas mezclas ternarias. Después de que el refrigerante es licuado bajo presión, se prolifera adiabáticamente y el líquido se evapora adquiriendo calor externo del sistema **(Sekiya, 2006)**.

Asimismo; el calor de vaporización se transforma en "aire acondicionado externo". De la misma manera; la "temperatura del aire acondicionado es de 0°C para el uso doméstico, sobre -25°C para refrigeradores domésticos y sobre -35°C para almacenes de productos congelados para su uso comercial". Por lo cual; el compuesto elegido como refrigerante debe tener un punto de ebullición por debajo de estas temperaturas después de la expansión bajo presión **(Sekiya, 2006)**.

Los refrigerantes son vistos como fluidos de trabajo en los sistemas de refrigeración, aire acondicionado y bombas de calor. Los elementos en mención específicamente, ingieren calor de una zona como el ambiente acondicionado de una sala y se expulsa en otra zona exterior a través del conducto del evaporador y condensador **(SEAM/PNUD/PNUMA, 2012)**.

Según Ortiz (2010); los refrigerantes son asignados de acuerdo a la norma ANSI (American National Estandar Institute) / ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de la Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado), dentro de los cuales se encuentran los refrigerantes halogenados; por ejemplo, los supuestos clorofluorocarbonados (CFC), hidroclofluorocarbonados (HCFC) e hidrofliuorocarbonados (HFC).

De la misma manera; la asignación de los refrigerantes basados en hidrocarburos halogenados se realiza de la siguiente manera: "con la letra R seguida de tres números: el primero, pertenece al número de átomos de carbono menos 1; el segundo, al número de átomos de hidrógeno más 1; el tercero al número de átomos de flúor y

cuando tiene letra minúscula, demuestra un isómero de la fórmula molecular” (**Puebla, 2005**).

Los compuestos orgánicos o halogenados se representan teniendo en su estructura molecular átomos de cloro, flúor o ambos, y fueron los que suplantaron una gran parte de los refrigerantes utilizados inicialmente como éter etílico, éter metílico, éter dimetílico, dióxido de carbono (CO₂), amoníaco (NH₃), anhídrido sulfúrico, cloruro de metilo (ClCH₃), dióxido de azufre (SO₂) y dicloroetano [C₂H₄Cl₂] (**Puebla, 2005**).

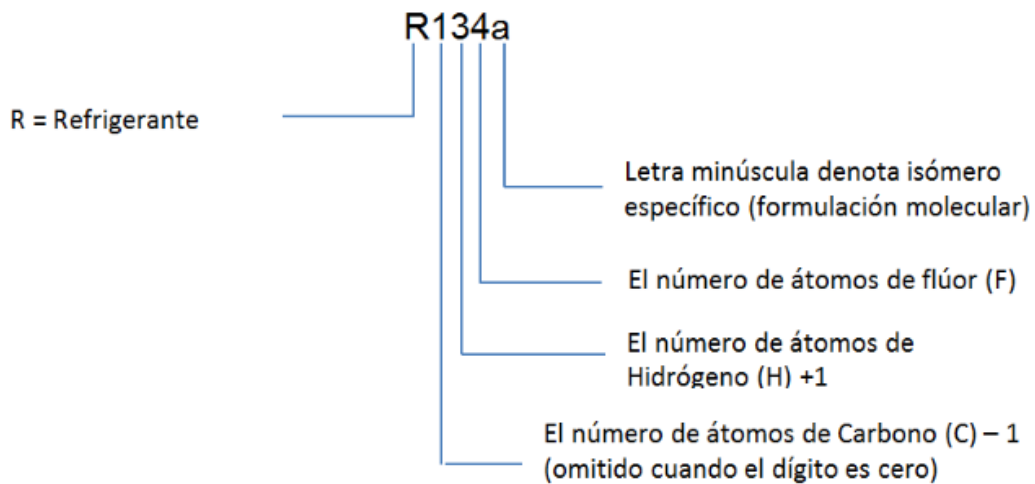


Figura 1. Nomenclatura de designación de los tipos de refrigerantes.

Fuente: ARI 700, 2006.

En ese sentido; debido a la sustitución de los refrigerantes utilizados inicialmente por los Clorofluorocarbonados (CFC) e hidroclofluorocarbonados (HCFC) se concedió una respuesta a todos los problemas de seguridad, que no sean inflamables ni tóxicos. Sostiene de igual manera que los cambios de los refrigerantes CFC por HCFC y HFC tienen propiedades físico-químicas semejantes a los CFC; por ejemplo: baja toxicidad, baja inflamabilidad, baja conductividad térmica en fase gaseosa, buena estabilidad química, baja corrosividad durante el uso y costo razonable, entre otros (**Puebla, 2005**).

Los refrigerantes halogenados son químicamente estables, de baja toxicidad y con excelentes características térmicas; sin embargo, deterioran la Capa de Ozono a través del procedimiento de degradación del Ozono Estratosférico que piensa en el planeta contra la radiación UV (**Puebla, 2005**).

3.2. Tipos de refrigerantes

3.2.1. Inorgánicos

Según Ortiz (2010); los refrigerantes inicialmente usados por reunir varias de estas características y ser los únicos disponibles cuando aparecieron las primeras máquinas de producción mecánica de frío (1867) se encontraba los refrigerantes; por ejemplo, el amoníaco, dióxido de carbono y dióxido de azufre. Además; estos refrigerantes referenciados, presentaban problemas de toxicidad, explosión y corrosión en las instalaciones; por el cual su utilización se restringió a usos industriales (**Ortiz, 2010**).

A excepción del amoníaco, estos refrigerantes dejaron de utilizarse siendo reemplazados por otros denominados freones que se introdujeron en el mercado desde 1928 y no muestran los inconvenientes de los primeros refrigerantes (**Ortiz, 2010**).

3.2.2. Agua

Al agua también se le llama R-718: su precio es generalmente bajo, no es tóxico, tiene un alto calor latente y un punto de congelación elevado. Igualmente; su utilización se limita a máquinas de eyección de vapor, actualmente está en desuso y a instalaciones de absorción aplicada en alta temperatura (**Ortiz, 2010**).

3.2.2.1. Propiedades Físicas

Según Ortiz (2010); describe las propiedades físicas del R-718 de la siguiente forma:

- Estado físico : sólido, líquido y gaseoso.
- Color : incolora.
- Sabor : insípida.
- Olor : Inodoro.
- Densidad : 1 g/ a 4°C.
- Punto de congelación : 0°C.
- Punto de ebullición : 100°C.
- Presión crítica : 217,5 atm.
- Temperatura crítica : 374°C.

El agua químicamente pura se determina como un líquido inodoro e insípido; incoloro y transparente en capas de poco espesor. Sus constantes físicas favorecieron para marcar los puntos de referencia de la escala termométrica Centígrada. En ese sentido; a una presión atmosférica de 760 milímetros de Hg el agua hierve a temperatura de 100°C y el punto de ebullición aumenta a 374°C, que es la temperatura crítica relacionada con la presión de 217,5 atmósferas; en todo caso el calor de vaporización del agua asciende a 539 calorías/gramo a 100°C (**Ortiz, 2010**).

Mientras que el hielo se ablanda cuando se calienta por encima de su punto de fusión, el agua líquida permanece sin solidificarse algunos grados por debajo de la temperatura de cristalización (agua subenfriada) y puede mantenerse líquida a -20°C en tubos capilares o en condiciones extraordinarias de reposo. La solidificación del agua va acompañada de desprendimiento de 79,4 calorías por gramo de agua que se solidifica (**Ortiz, 2010**).

La presión de vapor aumenta rápidamente a medida que aumenta la temperatura y su volumen ofrece la particularidad de ser de al menos de 4°C: A esa temperatura la densidad del agua es mayor, y se ha tomado por unidad; del mismo modo, desde 4°C no sólo se dilata cuando la temperatura aumenta, sino también cuando se enfría hasta 0°C: a esta temperatura su densidad es 0,99980 kg/m³ y cuando se solidifica desciende bruscamente hacia 0,9168 kg/m³ que es la densidad del hielo a 0°C, lo que implica que en la cristalización su volumen se aumenta en un 9 % (**Ortiz, 2010**).

Las propiedades físicas del agua se atribuyen esencialmente a los enlaces por puente de hidrógeno, que están disponibles en mayor número en el agua sólida; del mismo modo, en la red cristalina cada átomo de la molécula de agua está rodeado tetraédricamente por cuatro átomos de hidrógeno de otras tantas moléculas de agua y así sucesivamente es la forma en que se enmarca su estructura (**Ortiz, 2010**).

3.2.2.2. Propiedades Químicas

- Reacciona con los óxidos ácidos.
- Reacciona con los óxidos básicos.
- Reacciona con los metales.
- Reacciona con los no metales. Se une en las sales formando hidratos.

- Los anhídridos u óxidos ácidos reaccionan con el agua y forman ácidos oxácidos.

Los óxidos que se encuentran en los metales u óxidos básicos, responden con el agua para formar hidróxidos. Los óxidos en su mayor parte no se disuelven en el agua; sin embargo, los óxidos de los metales activos se combinan eficazmente **(Ortiz, 2010)**.

De la misma manera; Ortiz indica que una porción de los metales separa el agua en frío y otros lo realizan a temperatura elevada **(Ortiz, 2010)**.

El agua responde con los no metales, particularmente con los halógenos, por ejemplo: cuando se pasa carbón al rojo sobre el agua se descompone y se forma una mezcla de monóxido de carbono e hidrógeno (gas de agua) **(Ortiz, 2010)**.

Así; de manera similar el agua estructura mezclas complejas con ciertas sales, llamadas hidratos **(Ortiz, 2010)**.

A veces, los hidratos pierden agua de cristalización cambiando de aspecto, y se hace referencia que son eflorescentes, como en el caso del sulfato cúprico, que cuando se hidrata es azul; sin embargo, debido a la pérdida de agua se convierte en sulfato cúprico anhidro de color blanco **(Ortiz, 2010)**.

3.2.3. Anhídrido Carbónico

Llamado Dióxido de Carbono, conocido como R-744 no es tóxico, no es irritante y es totalmente incombustible. Por su tendencia, posee un bajo Global Warming Potential; sin embargo, favorece al efecto invernadero por motivo que se emiten altas cantidades. Debe notarse que se dejó de utilizar en determinados climas, debido a que a temperaturas no muy altas se supera la presión crítica. Esta es la razón por la que es importante dimensionar los espesores de tubos para que puedan soportar presiones supercríticas. El condensador debe tener grandes dimensiones para proporcionar una superficie de transferencia de calor adecuada, ya que el vapor pasa inmediatamente de gas a líquido **(Ortiz, 2010)**.

En presencia de agua se forma ácido carbónico que puede ser corrosivo para los equipos. Tiene algunas cualidades poco convencionales, ya que carece de fase

líquida a la presión atmosférica normal; el sólido sublima directamente a la fase gaseosa. Para obtener la fase líquida a temperatura ambiente es fundamental aplicar una presión de 6,7 mPa (67 veces la presión atmosférica normal) (**Ortiz, 2010**).

3.2.3.1. Propiedades Físicas

En su libro Ortiz (2010); describe las propiedades físicas del R-744 de la siguiente forma:

- Estado físico : gaseoso.
- Color : incoloro.
- Olor : inodoro.
- Densidad : 1.98 kg/ (gas a 298°K) $1.6 \cdot 10^3$ kg/m³ (sólido).
- Punto de ebullición : -78°C.
- Presión crítica : 73 atm.
- Temperatura crítica: 31°C.

En ese sentido; el Dióxido de Carbono es más pesado que el aire, por lo que en general caerá al suelo. Esta realidad puede ser excepcionalmente peligrosa, particularmente en espacios reducidos, debido que al no ser auto alarmante puede desplazar el oxígeno hasta límites destructivos para el bienestar. Esto implica la necesidad de una especial atención a la identificación de fugas y ventilación de emergencia (**Ortiz, 2010**).

3.2.4. Amoníaco

El Amoníaco también se llama R-717. Como lo indicó Glynn; probablemente es la sustancia más comparativa al refrigerante ideal, salvo por el carácter muy irritante de su vapor. Su temperatura crítica es de 132°C y su punto normal de congelación es de -77,9°C. Además, tiene excelentes cualidades de transferencia de calor y su calor latente de vaporización es alto. Es dañino en altas concentraciones y arde débilmente en presencia de aire y a concentraciones entre 15% - 25% en volumen (**Glynn, 2002**).

Su diferencia entálpica entre líquido y gas permite el dimensionamiento de tubos de diámetro inferior. Corroe el cobre, el zinc y sus aleaciones, lo que implica que las tuberías deben estar hecho de material férreo. Además, es soluble en agua y

absolutamente inmiscible en aceites lubricantes; por esta razón, es muy utilizado en ciclos de doble compresión y ciclos inundados. De la misma manera; sus fugas se ubican rápidamente por el olor y debido que al quemar azufre en presencia de amoníaco se producen humos blancos de sulfato de amoníaco. Su precio es generalmente bajo, se venden en botellones de metal que utilizan una franja verde como identificación **(Glynn, 2002)**.

Los refrigerantes pueden estar hechos de un componente o sustancia, también pueden formarse mezclando dos o más sustancias, y comúnmente se determina como "Blends" o Mezclas **(Glynn, 2002)**. En ese sentido; los refrigerantes blends han sido planificados para prestar casi similares características o ciertas propiedades que tienen los refrigerantes originales, o para cumplir con algunas propiedades **(Glynn, 2002)**.

3.2.5. Blends o Mezclas Azeotrópicos

Los blends o mezclas más accesibles comercialmente tienen una mezcla de dos a cinco sustancias. Estas sustancias pueden ser "HCFC, HFC y/o HC y PFC" **(Glynn, 2002)**. Los componentes individuales de una mezcla no tienen características físicas idénticas; tienen varias densidades, viscosidades diferentes y diferente temperatura de evaporación y condensación a una presión dada. En la mayoría de las mezclas, los componentes que forman la mezcla cambian su composición en las etapas de vapor y líquido, a medida que la mezcla hierve o se condensa; asimismo, estos refrigerantes se conocen como zeotropos **(Glynn, 2002)**.

Como lo indica Glynn (2002); tienen una asignación del tipo R-4xx (por ejemplo, R-401A). Además; con menos frecuencia, los componentes individuales en mezclas específicas interactúan para que mantengan la misma composición tanto en fase vapor como en fase líquido a una presión específica; por el cual estas mezclas se denominan mezclas azeotrópicas. Estos tienen la asignación R-5xx **(Glynn, 2002)**.

Una mezcla azeotrópica es una mezcla de refrigerantes de dos sustancias en general, que continúan como si fueran un fluido puro. En el momento en el que se incluye o expulsa el calor, la composición (fracción molecular) del vapor y del líquido permanece básicamente sin cambios durante todo el procedimiento. Por así decirlo, en una

mezcla con un 50% de un fluido A y un 50% de un fluido B, por cada molécula de fluido A que se evapora o se condensa, una molécula de fluido B representa el equivalente (**Glynn, 2002**).

3.2.6. Blends Zeotrópicos

Una mezcla zeotrópica es “una mezcla de refrigerantes que tienen varios niveles de volatilidad cuando se observa la performance del ciclo de refrigeración”. Por ejemplo, un cambio en la composición molecular y/o un cambio en la temperatura de saturación durante la ebullición o condensación; de esta manera, no continúa como un refrigerante de un solo componente cuando se condensa o se evapora (**Glynn, 2002**).

3.3. Clorofluorocarbonos (CFC)

Estos compuestos orgánicos, llamados Clorofluorocarbonos (CFC) son un derivado volátil de metano y etano en combinación con componentes halogenados; por ejemplo, Cloro y Flúor que pertenecen a una familia de compuestos que normalmente no existe en la Tierra, sino que se crearon a inicios de la década treinta, siendo los más significativos el “R12 (CFC12), R11, R113, R114, R115” (**Zhao, 2011**). Similar; en su fantástica estabilidad y gran capacidad calorífica, el R12 que fue desarrollado en 1928 por Midgley, era el más utilizado, conocido industrialmente como Freón 12 o diclorodifluorometano [CFI₂Cl₂], que es un derivado tetrahalogenado, adquirido del metano, tratando el tetracloruro de carbono con fluoruro de antimonio, a la vista del pentacloruro de antimonio como catalizador. Este refrigerante, generalmente se utilizaba en heladeras domésticas y comerciales, al igual que en el aire acondicionado automotriz (**Zhao, 2011**).

Los Clorofluorocarbonados (CFCs) fueron ampliamente utilizados como “refrigerantes, agentes de soplado de espumas plásticas, solventes, agentes desengrasantes en la industria electrónica, propelentes para aerosoles, esterilizantes médicos; todo esto debido a sus atributos de estabilidad, no inflamabilidad, baja toxicidad, inoloro y no irritante” (**Ortiz, 2010**).

Como lo indicó Ortiz (2010); el diclorodifluorometano es visto como una de las mezclas encargadas de la destrucción de la Capa de Ozono, ya que llegan a la estratósfera

movida por la brisa, donde se descomponen por la actividad de los Rayos UV, descargando partículas de cloro, que se conocen como catalizadores, respondiendo en cadena con ozono, y aplastando sus partículas en una tediosa sucesión, ya que las moléculas de cloro se recuperan en estas respuestas, provocando la disminución de la Capa de Ozono (**Ortiz, 2010**).

3.4. Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)

Los Hidroclorofluorocarbonos (HCHC) son mezclas constantes de la estructura de la sustancia, como los CFC, pero con un contenido de cloro más bajo en su átomo que tiene menos potencial de agotamiento para la Capa de Ozono. El más notable por su versátil y excelente capacidad calorífica es R22 (HCFC22), o monoclorodifluorometano (CHClF₂), también llamado Freón 22, fabricado en 1937 por Midgley; que sustituyó el amoníaco en su utilización para el enfriamiento y la refrigeración comercial y que, a partir de ahora, se utiliza además en el ensamblaje de poliuretano y como combustible en el negocio vaporizado. Es un gas miscible con aceite en el segmento de acumulación y se aísla regularmente del aceite en el evaporador (**Ortiz, 2010**).

Los Hidroclorofluorocarbonos según lo indicado por Puebla (2005); son vistos comúnmente como refrigerantes que experimentan un cambio significativo, este gas refrigerante dejó de elaborarse desde del 1 de enero del 2014 en la Unión Europea y a partir del 1 de enero del 2040 dejará de producirse en las naciones firmantes del Protocolo de Montreal. Otro gas importante es el supuesto R123, que fue visto como un sustituto perfecto para R11 en refrigeración (enfriadores); sin embargo, debido a su alta nocividad en una fijación de más de 50 ppm, pueden causar anomalías cardíacas, inconsciencia e incluso la muerte de individuos al estar propenso a su ambiente, por lo que su utilización se derivó a aplicaciones de aire acondicionado central (compresores centrífugos).

3.5. Hidrofluorocarbonos (HFC)

Los Hidrofluorocarbonos (HFCs) son mezclas que dependen de partículas de carbono, flúor e hidrógeno y, dado que no tienen cloro, no cooperan a la “Destrucción de la Capa de Ozono”. De otro modo, se denominan sustancias de sustitución que

destruyen la “Capa de Ozono”, pero siguen teniendo un potencial de devastación atmosférica peligrosa. Son subsidiarias halogenadas que no contienen cloro en sus partículas que se oxidan rápidamente en todos los aspectos en las capas bajas del medio ambiente. Se utilizan esencialmente en nuevos sistemas; que están destinados explícitamente para su uso. Estos refrigerantes requieren aceites especiales sintéticos para la lubricación; por lo tanto, no deben mezclarse con aceites minerales o lubricantes con alcalilbenzeno. Se utilizan como un intercambio de Clorofluorocarbonos (CFC) e Hidroclorofluorocarbonos (HCFC). Por esta situación; los aceites existentes dentro del sistema deben ser suplantados. Además, hay diferentes variables que deben considerarse, esto incorpora la conducta del sistema, los cambios en los accesorios, los materiales existentes, etc. Se incorporan refrigerantes; por ejemplo, R-134a y R-124 (**Glynn, 2002**).

3.6. Mezclas de Refrigerantes

Durante mucho tiempo ha habido entusiasmo por la utilización de refrigerantes mezclados, tanto en calorimetría como en pruebas de campo. Los refrigerantes que se mezclan deben ser perfectos entre sí; es decir, no deberían tener efectos químicos uno sobre otro, ni inmediatamente ni al cabo de un largo período. Con refrigerantes halogenados, que por su tendencia son en su mayor parte comparables, esto no es un problema. En estructuras herméticas, la mezcla no debe contener ningún impacto en el aislamiento eléctrico. De la misma manera; debe tener la fuerza adecuada para dar largos períodos de actividad libre de inconvenientes. Del mismo modo con algún otro refrigerante, una mezcla funciona mejor en el hardware que ha sido diseñado para ello. Siempre que se mezclen al menos dos mezclas distintas, que se utilizan por separado como refrigerantes, se pueden formar dos tipos de disposiciones: una mezcla zeotrópica (o mezcla básica) o una mezcla azeotrópica (**Puebla, 2005**).

Los dos tipos de mezclas a las que se hace referencia pueden funcionar en equipos de refrigeración, a pesar de que las mezclas azeotrópicas tienen ciertos puntos a favor. Un compuesto no adulterado; por ejemplo, R-134a, tiene una curva solitaria que caracteriza sus proporciones de presión y temperatura de saturación. Las mezclas azeotrópicas; por ejemplo, R-502 y R-507, además contienen una proporción de Presión - Temperatura, muy similar a un compuesto puro (**Puebla, 2005**).

En la Tabla 1 se registra los gases habituales que se han utilizado en los procesos de refrigeración en todo el mundo.

Tabla 1. Refrigerante, Características, Uso y Observaciones.

REFRIGERANTE	CARACTERÍSTICAS, USO Y OBSERVACIONES
R11	Punto de evaporación 23.8°C. Se utiliza en enfriadores centrífugos y como agente espumante. Su producción y empleo está siendo eliminada gradualmente debido a que es una sustancia agotadora del Ozono (SAO).
R12	Forane 12, Isotrón12, Genetrón 12, Freón 12 o Refrigerante F12 Punto de evaporación - 29.8°C. Se utiliza desde su creación en una variedad de sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Su producción y uso está siendo eliminada gradualmente debido a que es una sustancia SAO R22 Punto de evaporación -40.8°C. Se utiliza en aire acondicionado residencial. Su fuerza agotadora de Ozono no es tanto como el de los CFC. Su producción y empleo comenzarán a disminuir a partir de 2016 y se eliminarán después de 2040.
R134a	Punto de evaporación -26°C, utilizado como sustituto del R12 en sistemas de refrigeración industrial y aires acondicionado.
R502	Mezcla azeotrópica de R22 (48,8%) y R115 (51,2%). Punto de evaporación 45.4°C. Se utiliza en refrigeración industrial de baja temperatura. Utilizado muy poco debido a su escasez.
R600a	Punto de evaporación a -25°C. El refrigerante R600a, o isobutano, es un sustituto posible para varios refrigerantes, que tienen un gran impacto ambiental, mediante refrigeradores domésticos. Tiene un potencial de destrucción de ozono ODP de cero y un potencial global de calentamiento GWP insignificante. Generalmente es utilizado en refrigeradores y congeladores domésticos en Europa.
R717 (NH₃), Amoníaco	Punto de evaporación -33°C. Tiene un alto calor latente de evaporación, y relación de presión volumen específico. Se utiliza en una amplia gama de aparatos y sistemas de refrigeración y actualmente se utiliza en grandes instalaciones industriales y comerciales. Es tóxico y de acción corrosiva sobre las partes de cobre, zinc.
R744, (CO₂) Dióxido de Carbono	Punto de evaporación -78.5°C. Se utiliza como refrigerante seguro. La exposición en recintos cerrados no es peligrosa a bajas concentraciones; sin embargo, requiere de altas presiones en los compresores para garantizar su funcionamiento.
R764, (SO₂) Dióxido de Azufre	Punto de evaporación -10°C. Fue usado en pequeños equipos de refrigeración, pero en la actualidad está descontinuado. Es extremadamente irritante y corrosivo y su uso en grandes instalaciones es peligroso.
R40, (CH₃Cl) Cloruro de Metilo o Clorometano o Monoclorometano	Punto de evaporación -23.8°C. Anteriormente fue usado en unidades de aire acondicionado pequeñas y medianas. Altamente inflamable (temperatura de ignición 632°C), de utilización altamente peligroso, anestésico en concentraciones del 5 al 10% por volumen.

Fuente: Puebla, 2005.

El impacto de enfriamiento de un refrigerante que depende de la medida del calor que puede retener al ingresar al evaporador como fluido, hasta que se convierta en vapor, también debe considerarse. En ese sentido; el efecto de refrigeración se resume como la diferencia entre el calor contenido en el fluido y el calor contenido en el vapor al pasar por el evaporador **(Puebla, 2005)**.

3.7. Los Gases Refrigerantes como Sustancias Peligrosas

Como lo indica Zhao (2011); la estabilidad química de los Clorofluorocarbonados (CFCs) les permite moverse poco a poco del aire a la estratósfera, en la cual llevan a cabo una fotólisis con rayos UV, descargando átomos de cloro; que se interesan en una progresión de respuestas, que destrozan el ozono. Como se decidió anteriormente, estas respuestas están enmarcadas por una partícula de cloro que puede destruir una gran cantidad de átomos de ozono estratosférico y luego nuevamente los Clorofluorocarbonados (CFCs) retienen la radiación infrarroja de la superficie de la tierra, lo que permite que una medida más notable de rayos UV llegue a esta superficie, poniendo en peligro el bienestar humano y los sistemas biológicos.

Los Clorofluorocarbonados (CFCs) no se pueden reincorporar a la tierra sin crear modificaciones en la naturaleza, considerándose residuos peligrosos y los gases refrigerantes producidos con “Clorofluorocarbonos (CFCs) e Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs)” destrozan el Ozono Estratosférico, se consideran sustancias peligrosas o sustancias que debilitan la Capa de Ozono hasta su eliminación gradual **(Zhao, 2011)**.

Los gases refrigerantes se consideran adicionalmente como sustancias peligrosas en caso de que se utilicen de manera inapropiada; es decir, la presentación intencional de un individuo a este tipo de gas puede llegar a un nivel de letalidad. En el caso de que supere los límites de exposición permitidos (Authorized Exposure Levels - AEL), siendo efectos agudos por exposición en un corto o largo tiempo o efectos perpetuos de largo plazo si la exposición es por bastante tiempo **(Zhao, 2011)**.

Los gases refrigerantes pueden terminar siendo sustancias inflamables; es decir, pueden mantener una combustión, que se basa del grado de concentración del refrigerante en el aire y de la cantidad de energía liberada por la combustión, para lo cual la **Norma 34 de ASHRAE**, clasifica los refrigerantes según la combustibilidad

cero, baja o alta; asimismo, esta norma al que se hace referencia muestra el grado de nocividad o inflamabilidad de cada uno de los refrigerantes **(Glynn, 2002)**.

Tabla 2. Clasificación de Gases Refrigerantes de acuerdo al nivel de Toxicidad o Inflamabilidad.

Grupo	Gas	Riesgos a la Salud	Inflamabilidad	Reactividad	Clase
1	R600a Isobutano	1	4	0	A
	R290 Propano	1	4	0	A
2	R32	1	2	0	A
	R143a	1	4	1	A
	R152a	1	4	1	A
	R717 Amoníaco	3	1	0	B
	R11	1	0	1	A
3	R12	1	0	1	A
	RC22	1	0	1	A
	R125	1	0	1	A
	R134a	1	0	1	A
	R123	1	0	1	B

Fuente: Norma 34 de ASHARAE y Hojas de Seguridad Gases.

3.8. Efecto Frigorífico del Refrigerante

El impacto frigorífico de un refrigerante viene dado por su “capacidad frigorífica efectiva con respecto al volumen por metro cúbico de refrigerante aspirado del evaporador por el compresor” **(Glynn, 2002)**. También se le llama factor de potencia frigorífica, depende en gran medida de las propiedades físicas del líquido mismo **(Glynn, 2002)**.

Similar; hay gases refrigerantes de la nueva era (HFC), con un extraordinario efecto frigorífico; por ejemplo, R-410A; que, con un menor volumen disponible para su uso en el sistema (volumen desplazado), logran un efecto frigorífico más notable en comparación con otros fluidos **(Glynn, 2002)**.

Al contrastar el refrigerante R-410A y el refrigerante R-22, observamos la distinción en el efecto frigorífico que existe entre los dos; según lo indicado por su temperatura de evaporación o gases succionados por el compresor **(Glynn, 2002)**. En ese sentido; en la Figura 2 se demuestra la Potencia Frigorífica de R-410A en contraste con R-22.

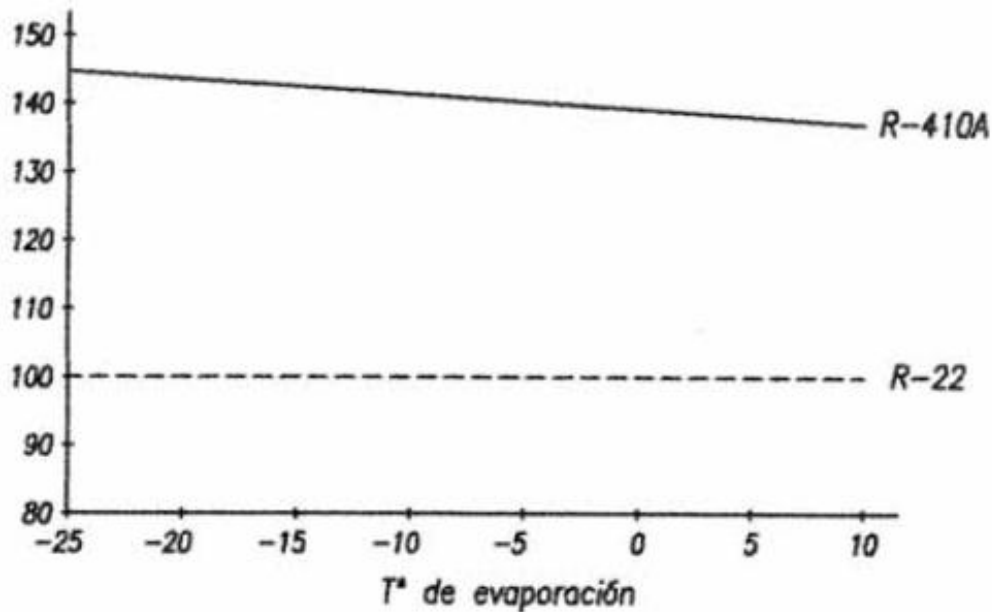


Figura 2. Potencia Frigorífica del R-410A comparada con el R-22.

Fuente: Villanueva, 2004.

En otras palabras; que, con el volumen de refrigerante desprendido equivalente en el circuito, el refrigerante R-410A tiene un efecto frigorífico aproximadamente un 38% más notable que el refrigerante R-22 a una temperatura de evaporación de +5°C (Glynn, 2002).

3.9. Volúmenes de desplazamiento de refrigerante

El volumen de desplazamiento de refrigerante de un sistema es lo que debe pasar en m³/h a través del circuito para lograr la potencia frigorífica ideal bajo los estados normales de temperatura de evaporación y condensación (Glynn, 2002).

Como lo indica Glynn (2002); para un refrigerante determinado, deben circular más kilos por hora cuanto mayor sea la potencia frigorífica ideal.

De esto se deduce efectivamente que el compresor utilizado en nuestro sistema debe ser apto para mover dicho volumen de refrigerante. En otras palabras; cuanto mayor sea el volumen de desplazamiento, más destacado será la potencia de compresor (Glynn, 2002).

3.10. Propiedades de los Refrigerantes

Hoy no existe ninguna sustancia que pueda considerarse como el refrigerante perfecto; en cualquier caso, hay varias propiedades que dicha sustancia debería tener **(Glynn, 2002)**.

3.11. Propiedades Termodinámicas

3.11.1. Presión

Las presiones que actúan en un sistema de refrigeración, son extremadamente importantes. En cualquier caso, se debe trabajar con presiones positivas; es decir, las presiones tanto en el condensador como en el evaporador deben ser más altas que la presión del aire. En caso de que la presión en el evaporador sea negativa; en otras palabras, que está trabajando en el vacío, existe el peligro de que debido a un agujero ingrese aire al sistema. A lo largo de estas líneas; el refrigerante debe tener una presión de evaporación tan bajo como podría esperarse bajo las circunstancias, pero ligeramente más alto que la presión atmosférica. Entonces otra vez; la presión de condensación debe ser lo suficientemente bajo, ya que esto decide la robustez del compresor y del condensador. En otras palabras; cuanto mayor es la presión, se requiere un equipo más robusto; y de esta manera más costoso **(Arredondo, 2010)**.

Un caso inconfundible de alta presión de condensación es el refrigerante R-170, para el cual se requiere un equipo increíblemente fuerte para soportar presiones superiores a 4660 kPa. Los refrigerantes R-30 y R-123 funcionarían al vacío en el evaporador a esta temperatura (hasta -25° C) **(Arredondo, 2010)**.

El refrigerante R-134A funciona a presiones más cercanos a lo perfecto, ya que su presión de evaporación es bajo, sin llegar al vacío, y su presión de condensación no es tan alto, por lo que no requiere equipo potente **(Arredondo, 2010)**.

3.11.2. Temperatura

Hay tres temperaturas que son significativas para un refrigerante y que deben considerarse como cuando se hace la determinación. Estos son la de ebullición, la crítica y la de congelación. La temperatura de ebullición de un refrigerante se alude

constantemente a la presión atmosférica normal de 101.3 kPa. Se tiende a decir que el punto de ebullición de cualquier fluido es la temperatura a la cual su presión de vapor es equivalente a la atmosférica. El punto de ebullición de un refrigerante debe ser bajo, de modo que, a pesar de trabajar a presiones positivas, se pueda lograr una temperatura baja en el evaporador **(Arredondo, 2010)**.

Como se sabe definitivamente, existe una conexión inmediata entre la temperatura de ebullición y la presión; es decir, el punto de ebullición se ajusta cambiando la presión. En el caso de que se elija una presión conocida, se alcanza una temperatura ideal. La variedad que elegir es la que hace surgir numerosas disputas al diseñar evaporadores y compresores. Para que un compresor funcione de manera efectiva (sin embargo, no necesariamente el sistema total), es deseable tener la presión más elevada en el evaporador. Para los planificadores de evaporadores, es más atractivo que trabajen con la presión más baja posible, para beneficiarse al máximo de la unidad con un mínimo de tamaño y costo. Así que; para ambos, la presión suficiente para la ebullición del refrigerante, es un momento en el que es importante asentarse. Si el evaporador es excepcionalmente grande, la temperatura estará arriba de la normal; si el evaporador es extremadamente pequeño, la temperatura estará por debajo de la normal **(Arredondo, 2010)**.

El evaporador debe tener una temperatura inferior a la deseada en el espacio refrigerado; ya que se requiere una diferencia de temperatura para que exista una corriente de calor **(Arredondo, 2010)**.

Normalmente, cuando el sistema está en actividad, la temperatura de ebullición del refrigerante fluido dentro del evaporador, es aproximadamente 6°C más baja que la temperatura del evaporador **(Arredondo, 2010)**.

En los ciclos de parada, el refrigerante y el evaporador coordinarán sus temperaturas. Una temperatura más a tener en cuenta al elegir un refrigerante es la temperatura crítica, idealmente para el diseño del condensador, ya que no se acumula vapor a una temperatura mayor de la crítica, aunque sea enorme la presión. Debido a los condensadores enfriados por aire, es ventajoso que el refrigerante tenga una temperatura crítica mayor de 55°C **(Arredondo, 2010)**.

De la misma manera; todos los refrigerantes tienen temperaturas críticas superiores a 70°C, excepto el refrigerante R-170 (etano), que es 32.3°C; por lo tanto, este refrigerante no puede utilizarse en condensadores enfriados por aire, ya que la temperatura de condensación sería constantemente más alta a la crítica (**Arredondo, 2010**).

Por otra parte, la temperatura de congelación de un refrigerante debe ser inferior a la temperatura del evaporador. Debido a que, no se puede utilizar un refrigerante que se congele a la temperatura de trabajo del evaporador. A pesar de que esto no es un problema, ya que la mayoría de los refrigerantes tienen temperaturas de congelación bajas, excepto el refrigerante R-718 (agua), que nunca se utiliza en un sistema de refrigeración por compresión (**Arredondo, 2010**).

3.11.3. Volumen

En el momento en que se analizan las densidades de gas, se espera que las exprese en un volumen específico. El volumen específico de un refrigerante de etapa de vapor; es el volumen en metros cúbicos (m³) o en litros (l) que implicará un kilogramo de refrigerante en condiciones típicas; es decir, a una temperatura de 20°C y con una presión atmosférica de 101.3 kPa. En un sistema de refrigeración, agregar calor al refrigerante aumenta su temperatura y su volumen específico, pero su presión se mantiene constante; dado que, en el evaporador, en la línea de succión y en el condensador, la temperatura de saturación es lo que controla la presión del vapor sobrecalentado. Por otro lado, si la temperatura del refrigerante disminuye, su volumen específico disminuye (**Arredondo, 2010**).

El valor que es más útil en los trabajos de refrigeración es el volumen específico en la etapa de vapor. Este valor no es más que el volumen en litros (o metros cúbicos) que implica un kilogramo de refrigerante al pasar de líquido al vapor. Claramente, fiel a su forma, este valor debe ser tan bajo como podría esperarse razonablemente, ya que el desplazamiento volumétrico del compresor dependerá de este valor (**Arredondo, 2010**).

En su mayor parte; los refrigerantes con un alto valor de volumen específico en la etapa de vapor, se utilizan con compresores centrífugos, que manejan una gran cantidad de vapor de refrigerante (**Arredondo, 2010**).

3.11.4. Entalpía

Como lo indica **Arredondo (2010)**; se caracteriza como la propiedad que habla de la suma total de energía térmica o contenido de calor, en un líquido. Sus unidades de entalpía son kcal/kg. Para la mayoría de los refrigerantes, su entalpía se ve como cero a una temperatura de saturación de -40°C . El calor adicional o sustraído de un refrigerante, comenzando allí, se ve como su entalpía total. En la mayoría de los trabajos de movimiento de calor, se manejan los cambios de entalpía que ocurren durante un procedimiento. En su mayor parte, no hay una razón convincente para darse cuenta del contenido de energía absoluta.

3.11.4.1. Entalpía del Líquido Saturado (h_f)

Este valor se caracteriza como la medida de kilocalorías por kilogramo de refrigerante líquido saturado; es decir, el fluido que está a su temperatura de saturación (**Arredondo, 2010**).

Esta sustancia de calor del fluido es un calor sensible que depende de la suposición de que el líquido saturado a -40°C no tiene un calor sensible. Esto no es válido, porque incluso a -75°C , el fluido contiene algo de calor. Para que esto sea válido, los valores de entalpía en la etapa líquida tendrían que basarse sin duda en el cero de temperatura. Sin embargo; esto no es importante, ya que sólo el cambio de entalpía interesa; es decir, la cantidad de calor que se requiere para calentar o enfriar un kilogramo de fluido, comenzando con una temperatura de saturación y luego en la siguiente. La forma en que se eligió la temperatura de -40°C , como una especie de perspectiva para dar a la entalpía la estimación de cero, fue por conveniencia (**Arredondo, 2010**).

3.11.4.2. Entalpía de Evaporación (h_{fg})

Esta es la medida del calor que requiere un kilogramo de fluido para cambiar a un kilogramo de vapor a una temperatura constante. Este valor se llama "calor latente de

evaporación". En los sistemas de refrigeración, esta diferencia de estado de "líquido a vapor" ocurre en el evaporador. El cambio posterior en la sustancia de calor o entalpía puede considerarse esencialmente como el trabajo teórico que puede realizar el refrigerante **(Arredondo, 2010)**.

Como se mencionó anteriormente, un refrigerante idealmente debería tener un alto valor de calor latente de evaporación, ya que esto es lo que hace posible la refrigeración. Cuanto mayor sea este valor, se requerirá menos refrigerante para circular. Por ejemplo, se descubre que el calor latente de evaporación del refrigerante R-717 (amoníaco) es extremadamente alto, 313.89 kcal/kg, en contraste con el calor latente de evaporación del refrigerante R-502, que es solo 37.4 kcal/kg. Esto implica que, en un equipo similar y en condiciones iguales, para suministrar una gran cantidad de refrigeración, se necesitaría circular 9.63 kg/h de amoníaco, mientras que el refrigerante R-502 tendría que circular 80.85 kg/h **(Arredondo, 2010)**.

El calor latente de evaporación es una propiedad importante de un refrigerante, sin embargo, resulta ser cada vez más significativo cuando se convierte en un "efecto de refrigeración". Este es el verdadero trabajo realizado por un refrigerante dentro del sistema de refrigeración. Es el calor absorbido, lo que resulta un enfriamiento útil. También se puede determinar conociendo la entalpía del refrigerante líquido cuando ingresa al evaporador, y la entalpía del vapor refrigerante que sale del evaporador. La distinción entre estos dos valores es el trabajo real producido o "efecto de refrigeración" **(Arredondo, 2010)**.

3.11.4.3. Entalpía del Vapor Saturado (hg)

Un líquido antes de hervir, tiene un calor razonable. Cuando está en ebullición, además asegura calor latente. En ese momento, el calor total del vapor saturado debe ser equivalente al calor sensible del fluido, además del calor latente de evaporación. Expresándose de la siguiente forma: la entalpía del vapor saturado, equivale a la suma de la entalpía del líquido más el calor latente. La entalpía del vapor saturado habla del contenido total de calor del vapor saturado del refrigerante en un evaporador, antes de sobrecalentarse; es decir, antes de calentarse sobre la temperatura del evaporador. En el caso de que en un sistema de refrigeración la temperatura de evaporación es menor de -40°C ; en ese punto, los valores de entalpía del fluido deben

sustraerse del calor latente, para adquirir el valor del calor del vapor, ya que los valores del fluido muestran un signo menos (-). Actualmente es sencillo por qué los valores de entalpía son valiosos, cuando se realizan cálculos de transferencia de calor **(Arredondo, 2010)**.

También se puede ver que la entalpía incorpora la absorción de los dos calores, sensibles y latentes. Significativamente más, actualmente comprendemos qué diversos fluidos tienen diversos calores específicos y distintos calores latentes de evaporación. Además; puntos de ebullición diferentes, por lo que utilizar estos valores ahorrará cálculos largos al trabajar con cargas de transferencia de calor, utilizando refrigerantes específicos **(Arredondo, 2010)**.

3.11.5. Densidad

La densidad de un líquido se caracteriza por su peso por unidad de volumen. Las unidades en las que se expresa esta propiedad, normalmente son kg/m^3 o también pueden utilizarse kg/l **(Arredondo, 2010)**.

Los fluidos tienen diversos valores de peso por metro cúbico o por litro, lo que se conoce como densidad. La mayoría de los refrigerantes fluidos tienen una densidad mayor que el agua (gravedad específica superiores a 1.0). La densidad de cada refrigerante cambia con la temperatura. Dado que, en términos generales, los fluidos crecen cuando se calientan y su densidad a altas temperaturas es menor que a bajas temperaturas **(Arredondo, 2010)**.

Los valores de la densidad tienen algunas aplicaciones valiosas para cálculos de ingeniería, en su mayor parte, la densidad en la etapa de fluido. En este sentido, la densidad en etapa vapor es valioso en problemas que involucran al evaporador, la línea de succión y el condensador. La densidad en la etapa de fluido se utiliza, además de otras cosas, para calcular la capacidad de cilindros o tanques recibidores **(Arredondo, 2010)**.

Como lo indica Arredondo (2010): la densidad del vapor de cada refrigerante fluctúa adicionalmente con la temperatura. En cualquier caso, hay una diferencia significativa; la densidad del vapor saturado aumenta con la temperatura de expansión, mientras

que densidad del líquido se reduce al incrementarse la temperatura. Por ejemplo, a 4°C de inmersión saturación, la densidad del vapor del refrigerante R-22 es de 24.03 g/l, pero a -18°C es de solo 11.58 g/l. Tenga en cuenta que son vapores saturados. En otras palabras; si un vapor saturado se sobrecalienta, como en la línea de succión, crece y su densidad se reduce. Esta no es una condición similar a la de calentar un fluido, ya que la densidad de un vapor saturado de un fluido más caliente es más notable que el de un fluido más frío.

Esta es la razón principal detrás de por qué un sistema de refrigeración tiene un límite más notable con un evaporador a 4°C, que con un evaporador a -18°C. Además; el vapor saturado a 4°C tiene más del doble de espesor que el vapor saturado a -18°C; en consecuencia, en un cilindro de compresor, el vapor a 4°C pesa más del doble que a -18°C. Por lo tanto, más del doble de refrigerante circula en el compresor, produciendo más del doble de capacidad (**Arredondo, 2010**).

3.12. Recuperación de refrigerantes

Recuperar es el significado de separar un líquido refrigerante de un sistema para almacenarlo, reutilizarlo, recuperarlo o transportarlo. Las actividades de recuperación sugieren que se utilizan tres tipos de material: recipientes específicos, equipos de recuperación, materiales y herramientas conexas (**Ortiz, 2010**).

- Extracción del líquido refrigerante de un establecimiento de refrigeración.
- Trasvasar el líquido a un recipiente en particular, que normalmente posee dos válvulas, una para líquido (roja) y otra para vapor (azul).

Debido a las leyes que gobiernan la liberación de los refrigerantes de clorofluorocarbonados (CFC's) al ambiente, se ha logrado la mejora de los procesos para recuperar, reciclar y volver a utilizar los refrigerantes (**Ortiz, 2010**).

La industria ha adoptado definiciones específicas para estos términos, que son las siguientes:

Recuperación: Remover el refrigerante de un sistema en cualquier condición encontrada, y guárdelo en un recipiente externo, sin probarlo ni procesarlo de cualquier manera (**UTO, 2009**).

Reciclado: limpie el refrigerante para su reutilización, para lo cual debe aislar el aceite y pasarlo una o varias veces a través de dispositivos, por ejemplo, filtros deshidratadores de tipo recargable de bloques desecantes, lo que disminuye la humedad, la acidez y las impurezas. Por lo general; se aplica a los procedimientos implementados en el sitio de trabajo, o en un taller de servicio local **(UTO, 2009)**.

Reproceso: Vuelva a procesar el refrigerante hasta las especificaciones de un producto nuevo por medios que pueden incluir la destilación. Esto requerirá un examen químico del refrigerante, para verificar que cumplan con las determinaciones adecuadas del artículo. Este término en su mayor parte alude a la utilización de procedimientos o métodos, accesibles solo en instalaciones o plantas que tienen la facilidad para reprocesar o fabricar refrigerantes. Además, incorpora talleres de servicio equipados con equipos profundamente técnicos **(UTO, 2009)**.

Como lo indica UTO (2005); la mayoría de las compañías han desarrollado el equipo esencial para los especialistas en administración, a fin de evadir la llegada inútil de clorofluorocarbonos al clima.

La recuperación de refrigerante y el manejo en los equipos se pueden dividirse en tres clasificaciones:

- Recuperación: Unidad que recupera o remueve el refrigerante.
- Recuperación/Reciclaje (R y R): Unidad que recupera y reutiliza el refrigerante.
- Reprocesamiento: Unidad que reprocesa el refrigerante dentro de las normas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

El equipo de recuperación se puede clasificar por los métodos de intercambio, líquido o gaseoso. La mayoría de las unidades de recuperación están destinadas al vapor ya que el fluido podría dañar la unidad; sin embargo, hay máquinas para recuperar por etapa fluida **(UTO, 2009)**.

3.13. Equipo para recuperar refrigerante

Hay máquinas de recuperación accesibles en varios diseños. Las pequeñas unidades esenciales, están diseñadas para usarse con los refrigerantes siguientes: R-12, R-22,

R-500 y R-502 y para funcionar como estaciones de recuperación, sin ventilación al medio ambiente **(UTO, 2009)**.

El refrigerante es removido en su estado actual y se guarda en un cilindro desechable o transferible. Esta unidad remueve el aceite del refrigerante y puede manejar el vapor o el fluido en un tiempo excepcionalmente rápido. De esta manera, el refrigerante puede reciclarse en el centro de servicio o enviarse a una estación de reprocesamiento y luego reutilizarse **(UTO, 2009)**.

Utilizando un dispositivo de recuperación de refrigerante, el especialista puede remover el refrigerante de pequeños sistemas de aires acondicionados, comerciales, automotrices y residenciales. Durante el procedimiento de recuperación, el refrigerante se remueve del sistema como vapor, utilizando la fuerza bombeadora de la máquina de recuperación **(UTO, 2009)**.

La recuperación es como la evacuación de un sistema con una bomba de vacío. Las técnicas cambian con cada productor; fundamentalmente, la manguera está asociada con un puerto de entrada en el lado bajo, hacia la válvula de succión de la unidad de recuperación. Cuando la manguera de salida está conectada, el dispositivo de recuperación arranca y comienza la recuperación. Algunas unidades tienen una señal para mostrar cuando finaliza el procedimiento de recuperación. Esto implica que el equipo de recuperación no está procesando más vapor. En ciertos eventos, el dispositivo de recuperación en consecuencia cierra el sistema de vacío **(UTO, 2009)**.

En el punto en que finaliza la recuperación, la válvula del lado bajo se cierra. A continuación, el sistema debe asentarse por lo menos 5 minutos. En ese sentido; si la presión aumenta, podría implicar que se dejaron bolsas frías de refrigerante a través del sistema, y podría ser importante reiniciar el procedimiento de recuperación **(UTO, 2009)**.

Dado que es mucho más rápido recuperar el refrigerante en la etapa de fluido que en la etapa de vapor, el técnico puede favorecer una máquina que remueva el refrigerante fluido. Con mucho, la mayoría de las máquinas están diseñadas a realizar este procedimiento utilizando cilindros para refrigerante normales. Algunas pequeñas

unidades de transferencia, utilizan cilindros de recuperación especiales, que permiten al técnico remover el refrigerante fluido y el vapor **(UTO, 2009)**.

Además; existe una metodología para remover refrigerante a través de la idea de “transferencia de líquido”. Este tipo de unidad de recuperación requiere un cilindro de válvula de dos puertos **(UTO, 2009)**.

La unidad de transferencia bombea el vapor de refrigerante del punto más alto del cilindro y presuriza la unidad de refrigeración. La distinción de presión entre el cilindro y la unidad mueve el refrigerante fluido al cilindro. Cuando el fluido ha sido removido, el resto del vapor es removido al cambiar las conexiones. Se propone cambiar el aceite del compresor de la unidad de recuperación, después de la recuperación de un sistema quemado, o antes de la recuperación de un refrigerante alternativo. De la misma manera; se sugiere suplantarlo el filtro deshidratador y limpiar las mangueras antes de transferir un refrigerante alternativo **(UTO, 2009)**.

En ese sentido; el técnico debe garantizar que el cilindro no esté lleno. No es indispensable llenarlo completamente, ya que conforme el cilindro se va llenando, la presión debe ser observada. En el caso de que la unidad de recuperación tenga un indicador de líquido y humedad, debe notarse cualquier progresión que ocurra **(UTO, 2009)**.

Si el especialista utiliza un sistema que recupera sólo el refrigerante, la recarga se puede completar desde múltiples puntos de vista **(Ortiz, 2010)**.

3.14. Reciclaje de refrigerantes

Como lo indica UTO (2009); el reciclaje incluye la limpieza del refrigerante para su reutilización, para lo cual es importante aislarlo del aceite y pasarlo una o varias veces a través de dispositivos, por ejemplo, filtros deshidratadores, que disminuyen la humedad, la acidez y las impurezas. La máquina de reutilización de un paso, forma el refrigerante mediante un filtro deshidratador o a través del procedimiento de destilación. Solo pasa una vez por el procedimiento de reutilización a través de la máquina, y luego se traslada al cilindro de almacenamiento. La máquina de varios pasos recicla el refrigerante varias veces a través del filtro deshidratador. Después de

un período de tiempo, o un número específico de ciclos, el refrigerante se mueve al cilindro de almacenamiento.

Los sistemas de recuperación y reciclaje hacen posible la reutilización de refrigerantes, por lo que contribuyen a disminuir la necesidad de refrigerantes vírgenes y permiten que los equipos que trabaja con CFC sigan funcionando hasta la parte de la vida útil (**UTO, 2009**).

3.15. Ventajas del proceso de recuperación y reciclaje

Los sistemas de recuperación y reciclaje hacen que la reutilización financiera de refrigerantes reciclados o recuperados sea razonable, por lo que contribuyen a disminuir el requisito de refrigerantes vírgenes a base de clorofluorocarbono (CFC) y permiten que el equipo que trabaja con CFC siga funcionando hasta la parte final de su vida útil (**SEAM/PNUD/PNUMA, 2012**).

Con excelentes cursos de buenas prácticas de refrigeración, la preparación auspiciosa y de primer nivel es básica para que los expertos en refrigeración y aire acondicionado se preparen para enfrentar los siguientes cambios, de modo que puedan influir la mejora futura de su sector; Del mismo modo, solo aplicando las buenas prácticas de refrigeración, se pueden evitar las salidas sin sentido de refrigerantes a base de clorofluorocarbono (CFC) al clima durante las actividades de servicio, mantenimiento, instalación, puesta en marcha o desmantelamiento de los sistemas de refrigeración y/o aire acondicionado (**SEAM/PNUD/PNUMA, 2012**).

3.16. Los Refrigerantes, La Capa De Ozono, El Calentamiento Global, El Medio Ambiente y El Hombre

3.16.1. La Atmósfera

Como lo indica Calm (2002); la atmósfera se caracteriza como la envoltura de gas que abarca la Tierra. Comenzó a enmarcarse alrededor de 4600 millones de años atrás con la introducción de la Tierra. La mayor parte de la atmósfera primitiva se perdería en el espacio; sin embargo, se liberaron nuevos gases y vapor de agua de las piedras que forman nuestro planeta.

De la misma manera; la atmósfera de las primeras edades de la historia de la Tierra estaría hecho de vapor de agua, dióxido de carbono y nitrógeno, junto con cantidades limitadas de hidrógeno y monóxido de carbono, pero sin oxígeno. Era una atmósfera algo decreciente hasta que la acción fotosintética de los seres vivos presentó oxígeno y ozono (desde hace aproximadamente 2500 o 2000 millones de años) y alrededor de 1000 millones de años antes de que el clima terminara en una estructura comparativa a la actual. De esta manera, los seres vivos siguen desempeñando un trabajo esencial y significativo en el funcionamiento del medio ambiente **(Calm, 2002)**.

Las plantas y otros seres fotosintéticos ingieren CO_2 del aire y devuelven O_2 , mientras que la respiración de los animales y la quema de bosques o combustibles juegan el impacto contrario al retirar O_2 y devolver CO_2 al aire. La sustancia húmeda del clima, por ejemplo, el vapor de agua y las gotas de fluido o cristales de hielo, cambia esencialmente según lo indicado por el lugar y el tiempo. La sustancia de agua del aire, en saturación, aumenta rápidamente con el incremento de la temperatura de expansión **(Calm, 2002)**.

La atmósfera tiene un límite inferior impecablemente caracterizado y, al mismo tiempo, muy desigual al exterior de la Tierra y los mares. Su frontera superior no se caracteriza tanto; resulta ser progresivamente leve cuando la altura aumenta, hasta que llega al espacio exterior. La mitad de la masa del clima hasta 3.4 millas de la superficie; 99% es hasta aprox. 20 millas de la superficie. En el caso de que el medio ambiente fuera retirado de la Tierra y sus bordes se juntarían, tendría un grosor aproximado de 20 millas y un diámetro de 16,000 millas. Este gran ancho y poca profundidad implica que la gran mayoría de sus movimientos deben ser horizontales. Además de las tormentas muy intensas, los movimientos verticales del aire son más pequeños por un par de órdenes de magnitud que los horizontales. Asimismo, las tormentas y los sistemas atmosféricos son delgados; un huracán tiene 200 millas de lado a lado en horizontal y 10 millas de su parte superior hasta abajo **(Calm, 2002)**.

3.16.2. Capas de la Atmósfera Terrestre, La Temperatura y El Daño Atmosférico

Como lo indica Monroy (2000); la temperatura del clima de la Tierra difiere con la altitud. La conexión entre altitud y temperatura es distintiva dependiendo de la capa atmosférica considerada:

- Tropósfera : 0 - 9/18 km, la temperatura disminuye con la altitud.
- Estratosfera : 9/18 - 50 km, la temperatura permanece constante para después aumentar con la altitud.
- Mesosfera : 50 - 80/90 km, la temperatura disminuye con la altitud.
- Termosfera o Ionosfera : 80/90 - 600/800 km, la temperatura aumenta con la altitud.
- Exosfera : 600/800 - 2.000/10.000 km.

Las divisiones entre una capa y otra se denominan respectivamente tropopausa, estratopausa, mesopausa y termopausa (**Monroy, 2000**).

Los efectos del daño a la Atmósfera se establecen en los siguientes puntos:

- El Efecto Invernadero.
- La Lluvia Acida.
- La Destrucción de la Capa de Ozono.
- El impacto del Gas Natural en el medio ambiente (**Monroy, 2000**).

3.16.2.1. Efecto Invernadero

El sol opera como el reactor nuclear que suministra energía a todo el sistema planetario del que forma parte la Tierra. Las explosiones nucleares que ocurren en su superficie emiten energía radiante que viaja a través del espacio y llega a la parte externa de nuestra atmósfera con un flujo aproximado de $1.4 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$. Este flujo energético significa que a la capa exterior atmosférica de superficie unitaria (1m^2), perpendicular a la línea que une la Tierra al Sol, le llega algo menos que $1\ 400\text{J}$ cada segundo. Al multiplicar este valor por toda el área del círculo de la Tierra y dividir este producto por toda la superficie del planeta se obtiene como resultado la cantidad

media de energía que llega al planeta, la llamada constante solar media, igual a 342 W/m^2 (Zhao, 2011).

La capacidad de reflejar esta radiación incidente por diferentes fenómenos dispersivos es alrededor de un 30%. Es decir: “algo más de 100 W/m^2 son devueltos al espacio por los diferentes componentes atmosféricos y los constituyentes de la superficie terrestre. Esta reflexión no se produce de manera uniforme en todas las regiones del planeta. Como tampoco el 70% de la radiación entrante es absorbida por igual en las zonas ecuatoriales y en los polos, ni en las capas superiores de la atmósfera se absorbe en la misma medida que en la superficie terrestre” (Zhao, 2011).

La dinámica de la atmósfera y los océanos permite una redistribución de las diferentes cantidades de energía recibidas desde el sol en diferentes latitudes. Todo ello produce las corrientes térmicas convectivas y los fenómenos de vaporización y condensación, responsables en alto grado del estado del tiempo (Zhao, 2011).

De acuerdo a Zhao (2011); la radiación infrarroja es “absorbida por las moléculas de determinados gases existentes en las diferentes capas atmosféricas. Algunos de los gases, como es el oxígeno y es el nitrógeno son transparentes a casi todas las radiaciones, mientras que otros gases como son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y los óxidos de nitrógeno son transparentes a las radiaciones de corta longitud de onda (ultravioletas y visibles), mientras que absorben las radiaciones largas (infrarrojas). En particular las moléculas del vapor de agua y del dióxido de carbono absorben intensamente a ciertas frecuencias de este tipo de radiación”.

En términos cuantitativos se estima que la energía correspondiente a la región infrarroja que llega al nivel del mar suele ser un 49% de la que arriba a la parte externa de la atmósfera. La radiación visible experimenta diversos fenómenos dispersivos entre los cuales se encuentran los responsables del color azul de nuestra bóveda celeste (Glynn, 2002).

Los gases constituyentes de la atmósfera, como son el vapor de agua y el dióxido de carbono absorben una parte del calor que se eleva y lo retornan a la Tierra. La presencia de estos gases en mención “reduce la pérdida efectiva de calor por la superficie terrestre y eleva substancialmente su temperatura. Este proceso es

comúnmente conocido como Efecto Invernadero y los gases que intervienen activamente en él se designan en su conjunto gases invernadero” (**IDEAM, 2012**).

Esta determinación se origina en la forma en que estos gases atrapan una parte de la vitalidad infrarroja y disminuyen el enfriamiento de la Tierra como en un invernadero. El efecto invernadero mantiene la temperatura normal en la superficie de la Tierra a 15°C. En el caso de que no hubiera sustancias que agoten la Capa de Ozono, la temperatura del planeta podría alcanzar los -18°C, lo cual es excesivamente frío para la mayoría de los seres vivos. En tal caso, la mayor parte del calor que emana de la superficie del planeta podría perderse directamente hacia el espacio (**IDEAM, 2012**).

Los gases de efecto invernadero se pueden caracterizar en:

Directos: Son gases que contribuyen al efecto invernadero a medida que se emiten a la atmósfera, como: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y compuestos halogenados (**IDEAM, 2012**).

Indirectos: Son precursores del ozono troposférico, a pesar de ser contaminantes del aire de carácter local. Además; en el clima se transforman a gases de efecto invernadero directo, se encuentran óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano y al monóxido de carbono (**IDEAM, 2012**).

En términos técnicos se puede decir que: “el clima de la Tierra depende del equilibrio radiactivo de la atmósfera, que a su vez obedece a la cantidad de radiación solar que ingresa al sistema y a la concentración atmosférica de algunos gases variables que ejercen un efecto invernadero natural (gases traza con actividad radiactiva, nubes y aerosoles). Estos agentes de forzamiento radiactivo varían de forma natural como por la actividad humana, produciendo alteraciones en el clima del planeta” (**Calin, 2002**).

De la misma manera; los gases efecto invernadero poseen la capacidad de ingerir y volver a emanar radiaciones de onda larga (radiación infrarroja), controlando el flujo de energía natural a través del sistema climático. La atmósfera debería de alguna manera u otra, adaptarse a los incrementos en las concentraciones de los gases del efecto invernadero, lo que produce una expansión de la radiación infrarroja, a fin de mantener el balance energético (**Calin, 2002**).

Esta modificación produce un cambio ambiental que se mostró en un aumento de la temperatura global (referido como calentamiento global); lo que creará una expansión en el nivel del océano, por el derretimiento de los polos y glaciares; cambios en la precipitación y alteración del ciclo hidrológico, produciendo inundaciones; y en la recurrencia y la fuerza de los eventos climáticos extremos (por ejemplo: tormentas, huracanes, lluvias torrenciales, fenómenos del Niño y la Niña), y una amplia variedad de efectos sobre diferentes componentes; como la agricultura, los activos hídricos, los sistemas biológicos, el bienestar humano, entre otros (**IDEAM, 2012**).

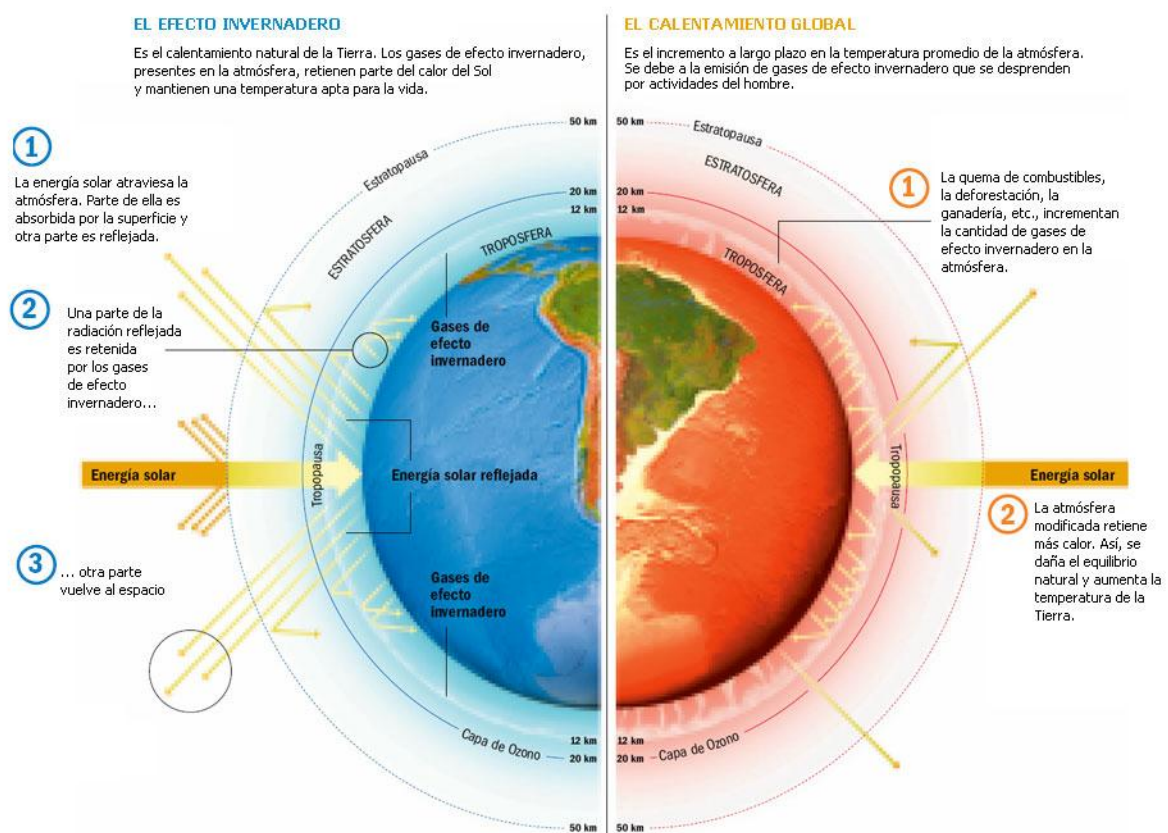


Figura 3. Efecto Invernadero y Calentamiento Global.

Fuente: <http://cambioclimaticoysuscausas.iespana.es/>.

En este sentido; el agotamiento de la Capa de Ozono y el cambio ambiental están interconectados. Este fin está basado en meticulosas consideraciones de la investigación científica de la atmósfera y sustentado en datos, a pesar de que los dos fenómenos se encuentran en la misma capa de la atmósfera (**Calm, 2002**).

La liberación de gases refrigerantes al clima tiene numerosos impactos que van desde el agotamiento de la Capa de Ozono hasta el Calentamiento Global, ya que se consideran gases causantes del Efecto Invernadero (**Calm, 2002**).

Los resultados extremos del agotamiento de la Capa de Ozono se han observado a través un protocolo llamado el Protocolo de Montreal. Los grados de Cloro y Bromo que alcanzan la estratósfera han llegado a su máximo pico, que han disminuido debido a los controles que se han tomado para la creación y utilización de estos refrigerantes (**Calm, 2002**).

Las liberaciones en el medio ambiente de los gases refrigerantes se dan a continuación: **Liberación inicial:** se incorporan todas las pérdidas relacionadas con el funcionamiento del equipo a partir de su procedimiento de manufacturación, prueba, funcionamiento, transporte, instalación, carga inicial y arranque.

- **Liberación en operación:** pérdidas que ocurren en la actividad de la máquina, fugas y purgas.
- **Liberación intermitente:** pérdidas debido al mantenimiento de los equipos, contratiempos, fallas, errores técnicos y causas no especificadas.
- **Liberación en disposición:** retiro del equipo y su disposición final (**Calm, 2002**).

A pesar del hecho de que se han tomado medidas hasta ahora para disminuir las pérdidas, por ejemplo hacer que los equipos sean productivos progresivamente, realizar pruebas de funcionamiento en circuitos con compresores herméticos, realizando reciclajes y recuperación de gases de equipos obsoletos, las mayores pérdidas ocurren en equipos antiguos que son dispuestos inadecuadamente y además en equipos móviles de aire acondicionado que funcionan en vehículos, transportes refrigerados, y sistemas de tuberías para grandes complejos de refrigeración como por ejemplo supermercados (**Calm, 2002**).

McCulloch (1999), mostró que “una porción significativa de los refrigerantes CFC producidos hasta el año 1972, se habían acumulado en la atmósfera; que reaccionó con los radicales de óxidos de bromo (BrO), combinándose con ClO para liberar radicales halógenos que contribuyeron al agotamiento de la Capa de Ozono, pero no

se observó evidencia de disminución de la capa de ozono hasta el año 1985, cuando llevaron a cabo unas investigaciones en la Antártica encontrando un agotamiento de la Capa de Ozono debido al incremento del cloro de los refrigerantes CFC en la estratósfera, favoreciéndose por la presencia de nubes de agua helada y ácido nítrico que influyen en las concentraciones de cloro como HCl y el nitrato de cloro (ClONO₂)”.

En ese sentido; se debe considerar que las sustancias que agotan la Capa de Ozono, son además refrigerantes halogenados o CFC, HCFC y se consideran como residuos peligrosos, al igual que las sustancias que agotan la Capa de Ozono (SAO), debido a que los elementos químicos de su composición poseen el potencial de reaccionar con las moléculas de Ozono de la atmósfera, destruyendo la Capa de Ozono estratosférico **(SEAM/PNUD/PNUMA, 2012)**.

Para determinar las consecuencias en la Capa de Ozono de los gases refrigerantes, se ha establecido un método para estimar el Potencial de Agotamiento a la Capa de Ozono (PAO) que es la capacidad de una sustancia de destruir la Capa de Ozono estratosférico en función de su vida en el medio ambiente, su grado de reactividad y la cantidad de componentes que pueden atacar tanto el ozono como el cloro y el bromo **(SEAM/PNUD/PNUMA, 2012)**.

En la destrucción de la Capa de Ozono los refrigerantes CFC han sido reconocidos como por ejemplo: el R11, el R12 y el R502 (que contiene R115), los Halones extintores de incendio y en menor medida los refrigerantes HCFC como por ejemplo son: el R22 y el R123, productos que son muy estables y que al ser liberados al medio ambiente, pueden permanecer intactos durante un periodo de tiempo considerable, pero al ser transportados por las corrientes de aire hasta la estratósfera y cuando entran en contacto con la luz ultravioleta, se deterioran y descargan cloro y bromo, con lo que se da inicio al ciclo de destrucción del Ozono **(UTO, 2009)**.

Entre las principales fuentes de producción del metano se encuentran los procedimientos bacterianos que se producen en los cultivos de arroz, las industrias del carbón, el petróleo y las empresas de gas natural. Los clorofluorocarbonos, son producidos de síntesis humana que fueron bastantes utilizados como disolventes y gases refrigerantes **(SEAM/PNUD/PNUMA, 2012)**.

Las consecuencias que se esperan del Efecto Invernadero para el siglo siguiente, en el caso de que no vuelva a valores más bajos son:

- Incremento de la temperatura media del planeta.
- Aumento de sequías en algunas zonas e inundaciones en otras.
- Mayor frecuencia de formación de huracanes.
- Progresivo deshielo de los casquetes polares, con el consiguiente aumento de los niveles oceánicos.
- Aumento de las precipitaciones a nivel planetario, pero lloverá menos días y más torrencialmente.
- Incremento en el número de días calurosos, traducido en olas de calor.

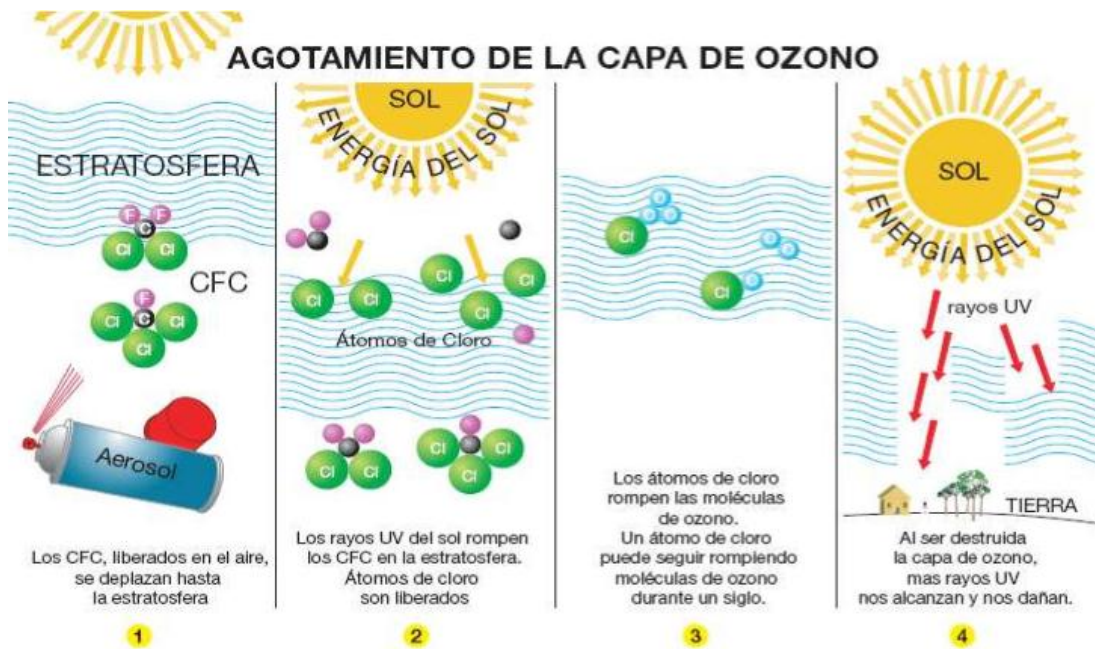


Figura 4. Proceso esquemático de la destrucción de las moléculas de Ozono al contacto.

Fuente: www.ozzyozone.org.

De la misma manera; otro impacto nocivo de los gases refrigerantes en la atmósfera es su cooperación en el Calentamiento Global ya que se consideran como gases de efecto invernadero, siendo importantes los refrigerantes CFC; que tienen un alto Potencial de Calentamiento Global (GWP), que es un índice que compara el efecto del recalentamiento en un periodo de tiempo para varios gases con respecto a emisiones iguales de CO₂. Se estima que una molécula de R12 tiene un impacto

similar sobre la radiación de 10,600 moléculas de CO₂, mientras que uno de R22 equivale a 1.700 de CO₂ (**SEAM/PNUD/PNUMA, 2012**).

Tabla 3. Potenciales de Agotamiento a la Capa de Ozono y Calentamiento Global.

Refrigerante	Potencial de agotamiento de ozono	Potencial de calentamiento global a un horizonte de 100 años	Años de vida en la atmósfera
R12	0,820	10.600	100
R22	0,034	1.700	11,9
R134a	0	1.300	13,8
R600a	0	3	
CO ₂	0	1	100

Fuente: SEAM/PNUD/PNUMA, 2012; Sekiya, 2006.

En cuanto al potencial de agotamiento del ozono y al potencial del calentamiento global, se han encontrado diferencias de otros estudios. Se muestra que el R12 tiene un potencial de agotamiento de ozono equivalente a uno (1) y de potencial calentamiento global equivalente a 8.500 en un horizonte de comparación a 100 años en unidades de CO₂ equivalentes, mientras que el R22 tiene un mismo potencial de calentamiento global, pero el potencial de agotamiento de ozono es ligeramente superior, considerándolo en 0,055 (**SEAM/PNUD/PNUMA, 2012**).

Dekant (1996), citado por **Kim (2011)** estima que la contribución de los refrigerantes CFC al efecto invernadero es de alrededor del 20% mientras que el CO₂, CH₄, N₂O y el ozono troposférico están estimados en 50,15, 5 y 7%. A pesar de que se han buscado reemplazo para los refrigerantes CFC, para evitar el daño de la Capa de Ozono, se han descubierto otras sustancias como por ejemplo los refrigerantes HCFC y los refrigerantes HFC; que, aunque son menos dañinos con la Capa de Ozono, poseen efectos importantes en el Calentamiento Global o Efecto Invernadero, lo que contribuye a empeorar la situación medioambiental (**Glynn, 2002**).

Por lo tanto; se analizó la alternativa de utilizar los refrigerantes HFC como gases refrigerantes, ya que no se reconocían como sustancias agotadoras de la Capa de Ozono, porque no contienen cloro, el agente activo en la destrucción del ozono, pero posteriormente fueron asociados decididamente al Calentamiento Global. Aunque los refrigerantes CFC tuvieron el más alto poder de Calentamiento Global que los refrigerantes HFC, el hecho que tuvieron mayor poder de destrucción de la Capa de

Ozono, los colocó en primer lugar de las campañas para su eliminación, por lo que los refrigerantes HFC estaban más asociados a los gases de Efecto Invernadero e incorporadas al Protocolo de Kioto, adoptado en 1997 por 171 naciones, donde fueron controlados y se promovió la disminución de sus emisiones **(Glynn, 2002)**.

3.16.2.2. Lluvia Ácida

Del mismo modo llamado disposición ácida, precipitación ácida; sin embargo, generalmente se conoce como lluvia ácida. Asimismo; hay varias fuentes de contaminación de puestos ácidos de la atmósfera; por ejemplo, las erupciones volcánicas, incendios de bosques y deterioro bacteriano de compuestos orgánicos; pero hoy en día el movimiento humano (quema de combustibles fósiles y gases de escape de los motores de combustión interna) supera en mucho la producción de esas fuentes **(Glynn, 2002)**.

Los principales gases productores de este fenómeno son dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno; que, en contacto con el vapor de agua atmosférico y en presencia de la luz solar, reaccionan para convertirse en ácido sulfúrico y nítrico diluidos. Estos ácidos caen en la superficie terrestre como partículas secas, lluvia, escarcha, nieve o neblina **(Glynn, 2002)**.

Los impactos biológicos de la lluvia ácida son objetos de discusiones científicas. En principio este nivel de acidez es tóxico para ciertos peces y microorganismos acuáticos y terrestres que son una pieza fundamental de la ecología del suelo de los bosques. Innumerables especies de peces no soportan PH por debajo de 4.5 y ciertas larvas tienen ciertos problemas por debajo de PH 6/7; el equivalente va para ciertas especies de plantas **(Glynn, 2002)**.

Otro impacto es la actividad de estos ácidos sobre las trazas de metales que generalmente están dispersos en los suelos. Esta es la situación del aluminio, que una vez disuelto se incorpora al agua de lagos y ríos y, a través de plantas y microorganismos, ingresa en la cadena alimentaria. Este metal en mención es dañino para ciertas plantas y animales y ya se lo ha detectado incorporado en la flora y fauna de zonas donde ocurren lluvias ácidas **(Glynn, 2002)**.

Para este caso; se pueden tomar medidas innovadoras con el objetivo de disminuir la producción de los gases contaminantes iniciales (óxidos, azufre y nitrógeno):

- Una de las medidas más fáciles de adoptar es la utilización racional de la energía (especialmente eléctrica) para adquirir el mismo efecto, disminuyendo de forma indirecta las emisiones.
- Uso de carbones de bajo porcentaje en sulfuros. Esta solución impacta en la economía, ya que estos carbones son más costosos que los demás. Los carbones sulfurados se pueden lavar por medio de solventes antes del uso en las calderas.
- Otra opción es el tratamiento de los gases de salida al extraer los mencionados óxidos previamente de ser liberados al medio ambiente.

Una de las estrategias más alentadoras, con el objeto de extraer los óxidos de azufre es el denominado de combustión en lecho fluido, que consiste en inyectar piedra caliza en el hogar de la caldera, en la que las partículas sólidas de combustible están suspendidas mediante una corriente de aire desde el fondo. La piedra caliza se combina con los sulfuros antes de que sean expulsados por la chimenea. Por otra parte; debido a la baja temperatura de combustión a la que se trabaja, sólo se llega a liberar una cantidad limitada de óxidos de nitrógeno **(SEAM/PNUD/PNUMA, 2012)**.

3.16.2.3. Destrucción de la Capa de Ozono

En el punto más alto de la estratosfera se localiza la capa de ozono, que es un canal de radiación solar ultravioleta. En el caso de que haya una disminución en su concentración, provoca una expansión en la medida de la radiación ultravioleta que golpea la Tierra. Estas capas superiores del medio ambiente también están manchadas por máquinas voladoras, explosiones atómicas y eyecciones volcánicas. Los óxidos de azufre y los diferentes gases que son hidrocarburos halogenados, generalmente designados como clorofluorocarbonos, aparecen regularmente como contaminantes; estos son gases pulverizadores en aerosol, refrigerantes en equipos de enfriamiento, pesticidas, etc. y tienen un tiempo de vida de aproximadamente 1000 años. En el momento en que el dióxido de nitrógeno y estos hidrocarburos halogenados llegan a los lugares altos de la estratosfera, se fotodisocian a la luz del día, creando óxido de nitrógeno y cloro libre, que destruyen el ozono **(UTO, 2009)**.

Esta disminución en la capa de ozono se ha identificado con impactos, por ejemplo, el crecimiento maligno de la piel en las personas, que ocurre en dos fases: la disminución del ozono en la estratosfera produce una expansión en la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre y el incremento de esta radiación eleva los impactos naturales de la radiación ultravioleta, que se consideran agentes cancerígenos **(UTO, 2009)**.

En general, se suele decir que el incremento del flujo ultravioleta es el doble del nivel de disminución en la concentración de ozono. La radiación cuya longitud de onda en la banda entre 290/320 nanómetros y las lesiones de la piel orientadas al sol saltaron a las personas con piel blanca, en latitudes medias (cuando el sol de mediados de año cae verticalmente y el evento más terrible) están bajo percepción y estudio de casos de cáncer de piel, especialmente en la cara y las manos) **(UTO, 2009)**.

Los cambios climáticos que pueden hacer que la oscuridad de la estratosfera aumente debido a la cantidad de sustancias contaminantes en ella son los refrigerantes PFC. Para los refrigerantes y la Tierra, se deben adoptar medidas para disminuir la generación de dióxido de nitrógeno y son equivalentes a los prescritos para la lluvia ácida **(UTO, 2009)**.

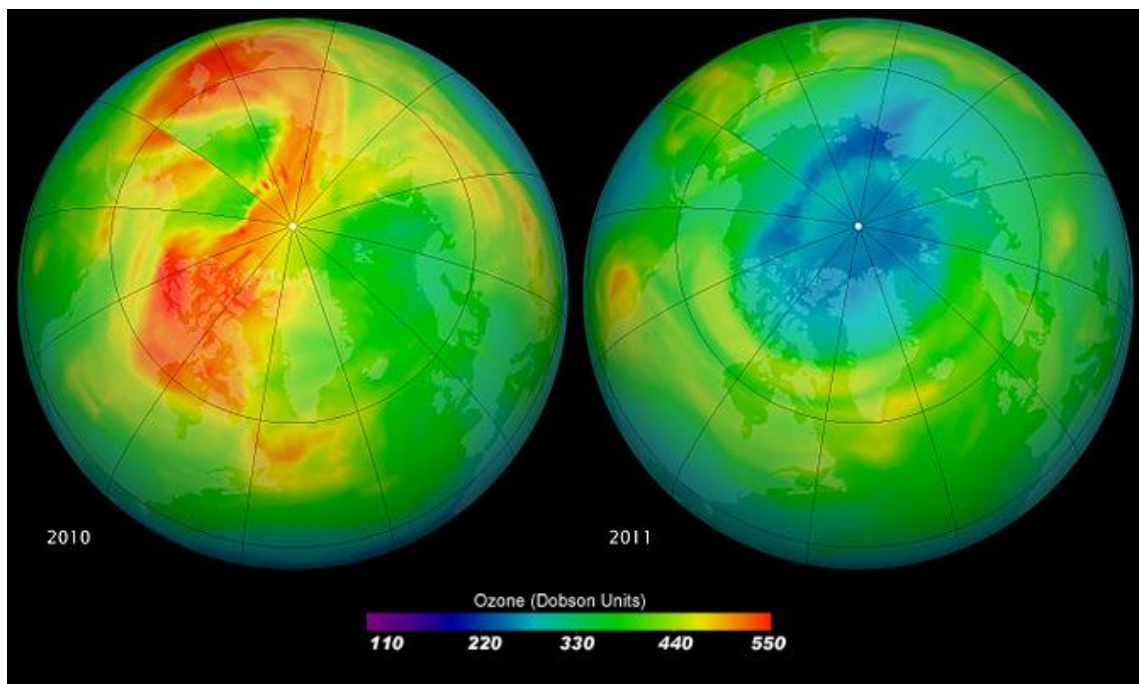


Figura 5. Destrucción de la capa de ozono.

Fuente: Monroy, 2012.

Con respecto a los refrigerantes de clorofluorocarbono, ahora existe una conciencia general de que su utilización debe ser expulsada tanto en su estructura anti agente como en los equipos de refrigeración, reemplazándolos con otras sustancias no contaminantes, por ejemplo, tetrafluoroetano (R134a) (HFC), que a partir de ahora se está aplicando ampliamente a la industria del frío **(Monroy, 2012)**.

3.16.2.4. El Impacto del Gas Natural en el Medio Ambiente.

Las pérdidas terminan siendo el factor fundamental de queja en la repartición de gas natural. Desde la perspectiva de la contaminación del medio ambiente, los volúmenes mundiales perdidos en repartición no son significativos. Entonces otra vez; las pérdidas, a nivel individual, pueden llegar a concentraciones susceptibles que pueden causar percances **(Kim, 2011)**.

El sistema de olor utilizado para controlar el gas permite que todos los ocupantes de una ciudad actúen como inspectores de pérdida. El grado de pérdida satisfactoria, que está en algún lugar en el rango de 2% y 4% del volumen transportado, se encuentra en el entorno de error de medición, que es 2,5% **(Kim, 2011)**.

Lo viable es que, debido al gas, las pérdidas mundiales de la solicitud del 6% llegan a un daño monetario impresionante. El propósito impotente del control de la pérdida se encuentra en los venteos de las plantas reguladoras de antiguo diseño, a pesar de que cumple con las normativas **(Kim, 2011)**.

3.16.3. El Ozono (O₃)

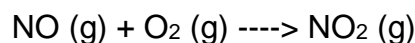
Se le conoce como una sustancia gaseosa incolora de color azul más densa que el aire; que se encuentra en el exterior de la tierra en sumas que se extienden de 20 a 100 ppm, hechas de tres átomos de oxígeno (O₃), que forman una estructura molecular inestable, especialmente vulnerable a la destrucción por los compuestos naturales que contengan hidrógeno, nitrógeno y cloro. Es profundamente oxidante, de impactos corrosivos en los materiales, irritante a las mucosas de los seres vivientes a determinadas concentraciones y dañino a concentraciones altas **(Murcia, 2012)**.

En la troposfera, el Ozono se origina en la estratósfera por intercambios debido a la actividad del aire, o está enmarcado por la actividad de los procesos naturales que

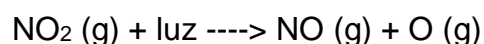
ocurren en la biosfera, o por las descargas de óxidos de nitrógeno (NO_x) que tienen su inicio en procesos biológicos, o por la emanación de compuestos orgánicos volátiles (CVO) de vegetación y procedimientos de fermentación o volcanes, creando ozono en cantidades que no resultan peligrosas para los seres vivos (**Murcia, 2012**).

El ozono troposférico también puede enmarcarse mediante métodos artificiales, por ejemplo, contaminación del aire, cuyas sustancias de mezcla químicas producidas en su mayor parte a partir de los procedimientos de combustión de los motores de los automóviles, por ejemplo, óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV), que responden con la luz del día, causando la formación de ozono, siendo un fenómeno de eventos regulares en enormes áreas urbanas, apoyando la concentración de grandes cantidades que influyen en el bienestar general y especialmente en los sistemas cardiovasculares y respiratorios (**Murcia, 2012**).

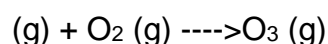
En el momento en que los óxidos de nitrógeno responden a la luz del día con el oxígeno del aire a su alrededor, se crea la cadena de reacciones químicas siguiente:



Simultáneamente; el dióxido de nitrógeno, a la luz del día, se separa en monóxido como aparece en la reacción química siguiente:



El monóxido de nitrógeno puede reoxidarse para formar dióxido de nitrógeno nuevamente y comenzar el procedimiento una vez más. Sin embargo, el oxígeno atómico es un grupo bastante reactivo que puede causar numerosas respuestas significativas, una de ellas es el desarrollo del ozono, como se demuestra a continuación:



Similar; el ozono estratosférico que es un gas fundamental que protege a la Tierra de los rayos ultravioletas dañinos del sol al enmarcar la llamada Capa de Ozono (**Gómez, 2012**).

El ozono está enmarcado y devastado sin cesar por la actividad de la radiación ultravioleta, ya que la radiación con una longitud de onda inferior a 290 nm separa las moléculas de ozono en átomos de oxígeno que luego se unen con diferentes átomos para formar el ozono. Por lo tanto, se produce equilibrio dinámico en la que se crea y destruye ozono, gastando la mayor parte de la radiación de longitud de onda por debajo de 290 nm o ultravioleta (UV-B) (Gómez, 2012).

Entonces otra vez; algunas actividades antrópicas, por ejemplo, la combustión de los hidrocarburos produce óxidos de nitrógeno que ensucian el el medio ambiente en las grandes áreas urbanas, y mientras responden con la luz del día, estructuran las moléculas de Ozono en concentraciones que pueden influir en el bienestar humano (Gómez, 2012).



Figura 6. Locación de la Capa de Ozono en la Superficie de la Tierra.

Fuente: http://www.aragonaire.es/ozone.php?n_action=types.

Algo significativo y que debe considerarse, son los Gases de Efecto Invernadero y componentes gaseosos del medio ambiente, tanto naturales como antropogénicos, que asimilan y emanan radiación a longitudes de onda específicas del rango de radiación infrarroja transmitida por el exterior de la Tierra, el medio ambiente y las nubes. En el medio ambiente de la Tierra, los Gases de Efecto Invernadero (GEI) fundamentales son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). No obstante, estos Gases de Efecto Invernadero son aquellos producidos por personas, por ejemplo, halocarbonos, sustancias que contienen cloro y bromo, hexafluoruro de azufre (SF_6), hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC). Las sustancias que agotan el ozono producidas por el hombre y que tienen impactos en el Calentamiento Global, se distinguieron en el Protocolo de Kioto de 1997 y se regularon en 2005, cuando dicho Protocolo entró en vigencia (**Gómez, 2012**).

3.16.3.1. O.D.P. (OZONE DEPLETION POTENTIAL)

El Potencial de Agotamiento del Ozono (ODP) es el coeficiente por el cual se estima el límite perjudicial de un fluido refrigerante contra la capa de ozono. Se estima utilizando la unidad acreditada al refrigerante R-11 como una medida estándar ya que es la más destructiva para la Capa de Ozono ya que tiene 3 átomos de cloro en su molécula. Los refrigerantes sin cloro en su composición, tienen un Potencial de Agotamiento de Ozono (ODP) equivalente a cero (**Glynn, 2002**).

De la misma manera; debe tenerse en cuenta que, según los investigadores, el cloro de refrigerantes clorados o CFC, descargado en la estratosfera causa la destrucción de la Capa de Ozono, enmarcada por partículas de tres moléculas de oxígeno (O_3) (**Glynn, 2002**).

En el momento en que un átomo de cloro "choca" con el ozono (O_3), aísla un átomo de oxígeno, de esta manera resulta ser oxígeno O_2 y un átomo de oxígeno libre y, por lo tanto, causa el agujero en la Capa de Ozono (**Glynn, 2002**).

En ese sentido; los rayos ultravioletas emitidos por el sol ingresan al medio ambiente por ese agujero, lo que nos causará, además de otras cosas, cáncer de piel, debilidad

del sistema inmunitario, cataratas, afección a los cultivos, vida acuática e inclusive al sistema radiactivo del medio ambiente (**Glynn, 2002**).

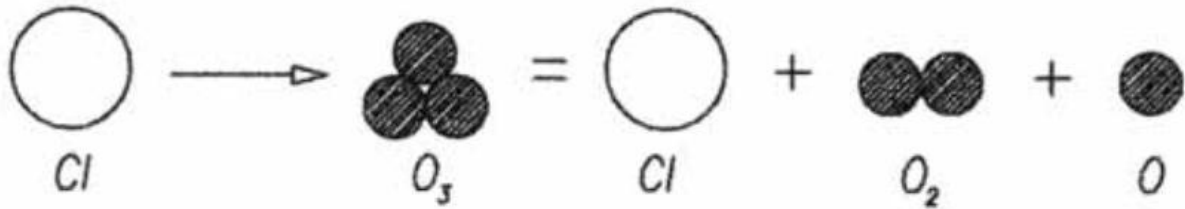


Figura 7. Proceso de destrucción de la Capa de Ozono.

Fuente: Villanueva, 2004.

3.16.3.2. G.W.P. (GLOBAL WARMING POTENCIAL)

Alude a la forma de medir el efecto invernadero creado por los refrigerantes utilizados y el CO₂, (dióxido de carbono) y cuán destructivo es el gas para el medio ambiente cuanto mayor sea el PCA, más perjudicial será el gas (**Glynn, 2002**).

Estimado en Kg de CO₂ que debe descargarse al medio ambiente para causar el mismo efecto invernadero o recalentamiento global que 1 Kg de fluido refrigerante en nuestra situación, más bien: durante un periodo de tiempo de la emisión de 1 Kg de un gas de efecto invernadero contrastada con el impacto de 1 Kg de CO₂ en un periodo de tiempo similar. En tal sentido; el Efecto Invernadero o Recalentamiento Global del medio ambiente se produce por dos causas que nos afectan:

3.16.3.2.1. Los Gases Refrigerantes Fluorados (F-GASES)

Los gases fluorados por ejemplo el refrigerante R-134a (HFC) y el refrigerante R-404A (mezcla de HFC), se utilizan ampliamente en equipos de refrigeración más grandes, como los que se utilizan en los supermercados (**Zhao, 2011**).

Una gran parte de los equipos de aire acondicionado utilizan refrigerantes de gases fluorados (por ejemplo: R-410a o R-407C, las dos mezclas de HFC). Los gases fluorados como el R-134a (HFC) y R-407C (una mezcla de HFC) se utilizan en su mayor parte como refrigerantes en bombas de calor (**Zhao, 2011**).

Por otra parte, hay diferentes tipos de refrigerantes alternativos no fluorados, entre los cuales están el R-744 (CO₂), R-600a (isobutano), R-290 (propano), R-1270 (propileno) y R-717 (Amoniac) (**Zhao, 2011**).

3.16.3.2.2. Los Gases Refrigerantes No Fluorados

Estos gases refrigerantes no fluorados, también llamados "refrigerantes naturales" tienen el beneficio de no tener una fecha de vencimiento de aplicación en la normativa F-Gas. El amoniac; por ejemplo, es un "gas cuya utilización se remonta al siglo XIX y su aplicación en equipos de refrigeración comercial todavía está muy extendida en la actualidad". Numerosos expertos lo consideran hoy como el refrigerante del futuro, como el argentino Roberto Aguiló que lo protegía en su ponencia "El Amoniac es el pasado, el presente y el futuro en las plantas de refrigeración y frío industrial argentinas" (**Zhao, 2011**).

3.16.3.3. El Equilibrio Dinámico del Ozono

La formación de ozono es un procedimiento fotoquímico que ocurre en la estratosfera. En esta zona del medio ambiente en el rango de 15 y 50 Km de altura, la radiación ultravioleta solar crea la separación de las moléculas de oxígeno en átomos de oxígeno en su estado fundamental (3P) que se recombinan rápidamente con moléculas de oxígeno no disociados, a la vista de un tercer cuerpo, M, (que puede ser otra molécula de oxígeno o nitrógeno) apto para capturar el exceso de energía (**Zhao, 2011**).

El ozono es creado mediante la reacción siguiente:

Es decir, el oxígeno molecular que se encuentra en las capas superiores del medio ambiente es atacado por la radiación solar. Desde el amplio espectro de radiación incidente una porción específica de fotones cumple los requisitos previos energéticos importantes para catalizar la ruptura del doble enlace de los átomos de oxígeno de la molécula de oxígeno molecular (**Zhao, 2011**).

En consecuencia, la radiación solar cambia una molécula de ozono en una de oxígeno biatómico y un átomo de oxígeno sin enlazar. De la misma manera; durante la fase oscura, (la noche de una región específica del planeta) el oxígeno monoatómico, que

es sumamente reactivo, se mezcla con el ozono de la ozonósfera para formar una molécula de oxígeno biatómico. En ese sentido; para mantener consistente la Capa de Ozono en la estratosfera, esta respuesta fotoquímica debe realizarse en perfecto equilibrio; sin embargo, estas respuestas son fácilmente alteradas mediante moléculas; por ejemplo, compuestos clorados (como los clorofluorocarbonos) y los compuestos bromurados **(Zhao, 2011)**.

3.16.4. Implicaciones en el planeta

Desde una perspectiva ambiental, la reducción del Ozono troposférico, implica una expansión en los niveles de radiación ultravioleta-B, que influye la vida en la tierra (plantas, animales y el hombre). Se han observado incrementos en la radiación UV-B no sólo bajo el agujero de Ozono en la Antártida sino en todo el planeta. En el hombre, la radiación ultravioleta B tendrá una mayor incidencia al producir enfermedades; por ejemplo, cáncer de piel (melanoma y nomelanoma), aceleración de las tasas de fotoenvejecimiento, peligro de daños oculares como cataratas, deformación del cristalino, presbicia y otras heridas de la vista; asimismo puede influir en el sistema inmunológico con daño del ADN, expandiendo la recurrencia y el número de casos de enfermedades infecciosas **(UTO, 2009)**.

A nivel ecológico se evalúa que la destrucción de la Capa de Ozono influirá en la producción agrícola, la vida silvestre, los bosques y la diversidad biológica, disminuyendo la producción de alimentos y la supervivencia; asimismo de causar un cambio en los estados climáticos de enormes extensiones; por ejemplo, el efecto invernadero **(UTO, 2009)**.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) acepta que con una tasa anual de pérdida del 10% del Ozono, los casos de cáncer se ampliarán a aproximadamente 250.000 anualmente **(UTO, 2009)**.

El sistema inmunológico; cuyo diseño es combatir las infecciones, se verá diezmado por la exposición de las personas a la luz ultravioleta, no solo al disminuir su viabilidad para eliminar las infecciones de la piel sino también aquellas verificables en diferentes partes del cuerpo, lo que podría significar la inutilidad de numerosas inmunizaciones ampliamente utilizados hoy en día. En los organismos acuáticos primarios, por

ejemplo plancton, plantas acuáticas, larvas de peces, camarones y cangrejos, la incidencia de los rayos ultravioleta directa altera el desarrollo, el procedimiento fotosintético, los contenidos proteínicos, pigmentarios y fitoplancton, alterando la cadena alimenticia en los ecosistemas marinos, provocando la disminución de la producción pesquera y disminuyendo el potencial de los océanos para reunir el dióxido de carbono, lo que provoca el problema del calentamiento global, produciendo un desbalance térmico debido a la cercanía de estos gases en el medio ambiente **(Arredondo, 2010)**.

Como resultado del calentamiento pueden ocurrir desequilibrios del régimen climático e hídrico generando sequías en algunos lugares mientras que en otros habrá un incremento de la precipitación, incremento en la cantidad e intensidad de tormentas, tornados y otros, también como en los polos el deshielo, elevando el nivel del mar e inundando las áreas costeras **(UTO, 2009)**.

La expansión en la ocurrencia de la radiación ultravioleta en la superficie de la tierra, debido a la ausencia de Ozono estratosférico, implica un incremento del smog superficial, en su mayor parte en los centros urbanos, debido a que las emisiones de la industria y de los vehículos son la razón para las reacciones fotoquímicas, que apoyan la formación de Ozono troposférico que influye en la salud, por lo que se han realizado movimientos para medir y distinguir la proporción de Ozono presente en el medio ambiente **(UTO, 2009)**.

IV. CONCLUSIONES

En la sociedad actual se ha creado un gran interés para la conservación y protección de la naturaleza. Esto se debe a que es difícil ignorar los cambios que el planeta está sufriendo como resultado de la actividad humana. Los refrigerantes emitidos sin control al medio ambiente y sus resultados, influyen cada día en el ecosistema que en caso no se tengan los mejores cuidados va a colapsar; si bien los hechos demuestran que la refrigeración y congelación son importantes para la existencia diaria del ser humano, necesitamos de ellos para la conservación de los alimentos, y el enfriamiento de los espacios; sin embargo, una parte de los componentes del procedimiento son destructivos para nuestro planeta. Los hechos demuestran que se han realizado avances extraordinarios para evitar y reducir las emisiones, se han firmado pactos y acuerdos internacionales de gran importancia, pero las palabras deben estar unidas por las realidades. En consecuencia; debe tenerse presente que se debe tomar conciencia de que la formación, las buenas prácticas y la recuperación o reutilización, son la principal forma concebible en el caso de que se necesite tener una sociedad sólida y saludable.

V. RECOMENDACIONES

La difusión debe ser más extensa o amplia, sobre temas del medio ambiente y los refrigerantes. Conocer los impactos, convenios, protocolos y lo más importante el cómo concientizar a la población para que sepa como reciclar este tipo de equipos con contenido de gases refrigerantes y así dar un cambio de mejora a nuestro ecosistema.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIR - CONDITIONING AND REFRIGERATION INSTITUTE - ARI. 2006 Standard 700 for specifications for fluorocarbon refrigerants. Arlington, Virginia. Estados Unidos. 2006 15p.
- ARREDONDO GONZÁLEZ, John Alexander. Plan de Gestión para la reducción del consumo de hidroclorofluorocarbonados HCFCs - en el Área Metropolitana Centro Occidente. Pereira, Trabajo de grado (Administrador del Medio Ambiente). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. Administración Ambiental. 2010, 123p.
- CALM, James M. Emissions and environmental impacts from air - conditioning and refrigeration systems. International Journal of Refrigeration, USA, 2002, 293 - 305.
- CAPA DE OZONO, UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2010, <http://www.ozzyozone.org/>.
- Convenio de Viena para la Protección de para la Protección de la Capa de Ozono, PNUMA Secretaría del Ozono Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2001.
<http://refrigerantes%20OK/convenio%20de%20viena.pdf>
- GLYNN, Steven. Constructing a selection environment: competing expectations for CFC alternatives. Manchester, University of Manchester. 2002, Págs. 935 - 946.
- GÓMEZ, M. Que es el ozono.
<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/RinconC/Curiosid/Rc-21/RC-21.htm>.
2000. 15-09-2012.
- IDEAM. Cambio climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Bogotá, 2012.

<http://www.cambioclimatico.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&lTipo=publicaciones&lFuncion=loadContenidoPublicacion&id=1302> 15-09-2012.

- KIM, Ki - Hyun, y otros. A review of major chlorofluorocarbons and their halocarbon alternatives in the air. Department of Environment & Energy, Sejong University (Seul), Department of Environmental Engineering, Dong-Eui University (Busan), República de Corea. Atmospheric Environment, 2011.
www.elsevier.com/locate/atmosenv.
- MONROY A. Refrigeración y Congelación. Zaragoza - España, 2000.
- MONROY, Juan Pablo. Los Refrigerantes y El Medio Ambiente. Barcelona, 2012.
- MCCULLOCH, Archie. CFC and Halon replacements in the environment. Journal of Fluorine Chemistry 100 (1999) 163±173. ICI Chemicals & Polymers Ltd. Runcorn, Reino Unido.
- MURCIA. El ozono troposférico y sus efectos sobre la salud. Servicio de Sanidad Ambiental, Dirección General de Salud Pública, Consejería de Sanidad y Consumo, Región de Murcia. España. 2012, 26p.
<http://www.murciasalud.es/recursos/ficheros/99897OZONOTROPOSFERICO.pf>
- Norma 34 of ASHRAE Pocket Guide I-P Edition 2000, ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers Inc. 1719 Tulie Circle NE, Atalanta, GA 30329.
- ORTIZ VALENCIA, Harvy Andrés. Documentación de los procedimientos para el análisis químico de los gases refrigerantes R-12 y R-22 para el centro regional de producción más limpia eje cafetero. Trabajo de grado (Químico Industrial). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología Química Industrial. Pereira, Colombia, 2010, 93p.
- PECOMARK, HONEYWELL y FRIOGAS. Manual del frigorista, Barcelona, 2009.

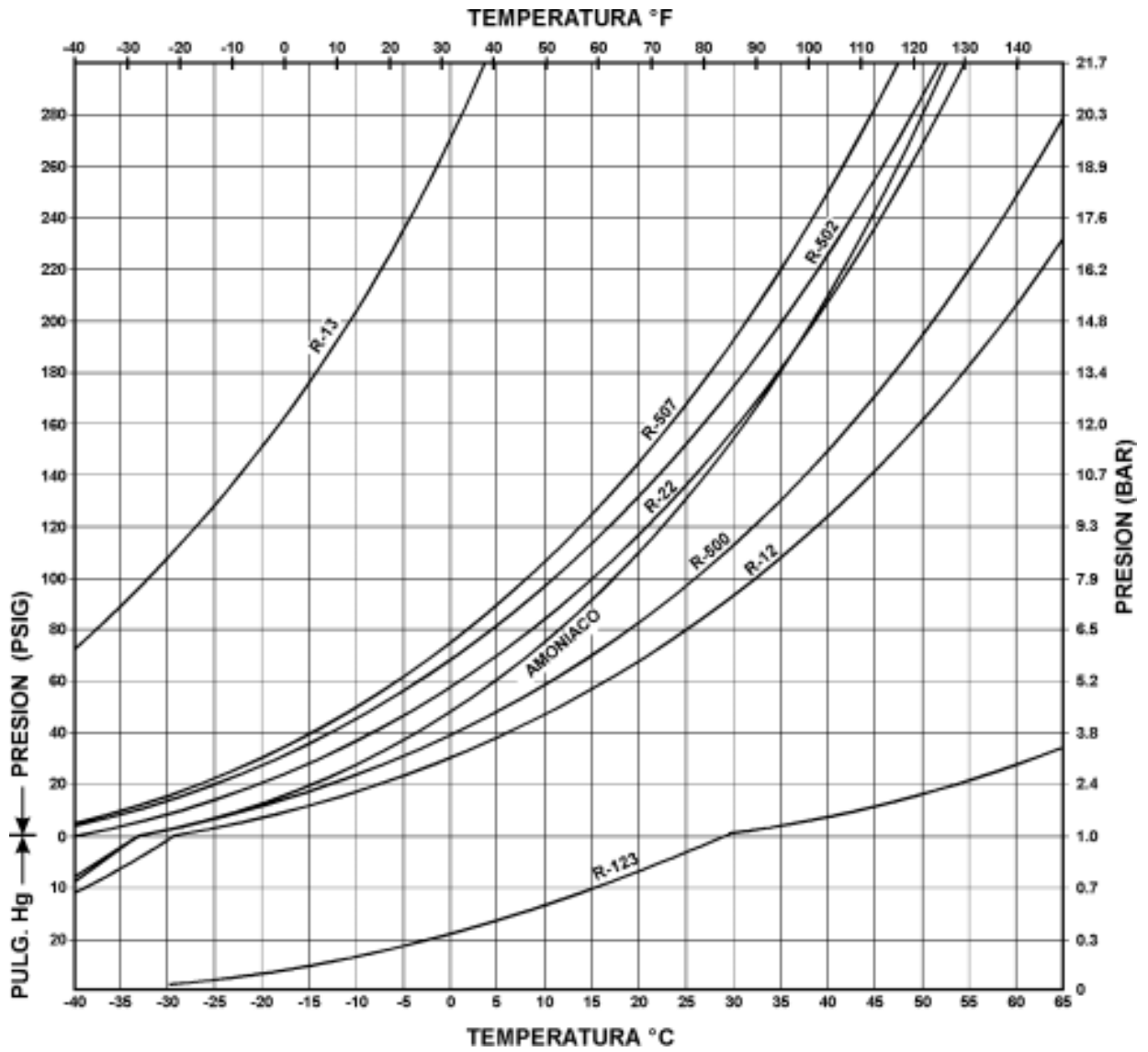
- PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO, Naciones Unidas, 1998.
<http://refrigerantes%20OK/convenio%20de%20kyoto.pdf>
- Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, PNUMA Secretaría del Ozono Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2000.
<http://refrigerantes%20OK/protocolo%20de%20montreal.pdf>
- PUEBLA, Jorge Alberto. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Fondo de Reconversión Industrial - FONDOIN. Caracas, Venezuela, 2005.156p.
- VILLANUEVA MANRESA, Rafael. Refrigerantes para aire acondicionado y refrigeración. Editorial Club Universitario, Alicante - España, 2004,
<https://www.editorial-club-universitario.es/pdf/455.pdf>
- SEAM/PNUD/PNUMA. Manual de buenas prácticas en refrigeración. Paraguay. Asunción. Secretaria del Ambiente, PNUMA, PNUD. 2012, 89p.
<http://es.scribd.com/doc/57110880/26/Estandar-ARI-700-AmericanRefrigeration-Institute.15-09-2012>
- SEKIYA, A. Evaluation and Selection of CFC Alternatives (chapter 2). Fluorine and the environment (Vol. 1). Research Institute for Innovation in Sustainable Chemistry, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Central 5 - 2, 1 - 11 Higashi, Tsukuba, Ibaraki, Japan. 2006. P 34 - 85.
- The Montreal Protocol of Substances that Deplete Ozone Layer UNEP United Nations Environment Programme Report of Technology and Economic Assessment Panel April 2002 Volume 3B Report of the Task force on destruction Technologies.
- UNIDAD TÉCNICA DE OZONO - UTO. Boletín Ozono No. 20. Ministerio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Programa de las Naciones Unidas para El Desarrollo. Unidad Técnica Ozono Colombia. Bogotá D.C. 2009, página 3.

- UNIDAD TÉCNICA DE OZONO - UTO. Boletín Ozono No. 27. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Programa de las Naciones Unidas para El Desarrollo. Unidad Técnica Ozono Colombia. Bogotá D.C. 2011, página 5 - 11.

- ZHAO, X., DUAN, H. y LI, J. An evaluation on the environmental consequences of residual CFCs from obsolete household refrigerators in China. Department of Environmental Science & Engineering, Tsinghua University, Beijing, China. journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman. Contents lists available at Science Direct Waste Management, 2011, Pgs. 555-560.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Relaciones P-T para varios refrigerantes comunes.



Fuente: PECOMARK, 2009.

Anexo 2. Relación de presión - temperatura para varios refrigerantes.

▭ Presiones abajo de la atmosférica. () Pulgadas de mercurio.

PRESION DE SATURACION		TEMPERATURA DE SATURACION (°C)								
kPa	psig	R-12	R-22	R-123	R-134a	R-170	R-404A	R-500	R-502	R-717
0	(29.9)	-102	-104	-73	---	---	---	---	---	---
17	(25)	-65	-73	-15	---	---	---	-68	---	-64
34	(20)	-53	-62	0.5	-47	---	---	-57	-67	-53
52	(15)	-45	-55	10	-40	-101	---	-48	-59	-46
69	(10)	-39	-49	17	-34	-96	---	-42	-54	-41
86	(5)	-34	-45	22	-29	-92	-49.4	-38	-49	-37
101.3	0	-29.8	-40.7	27.8	-26.1	-88.6	-46.1	-33.5	-45.4	-33.3
115	2	-26.7	-38	29.4	-22.8	-85.5	-43.3	-30.3	-42.6	-30.8
129	4	-23.9	-35.5	33.3	-20	-84	-40.5	-28.3	-40.1	-28.4
143	5	-22.8	-33.2	36.6	-17.8	-82	-39.4	-25.5	-37.8	-26.3
156	8	-19.0	-31.1	40.5	-15.5	-80.5	-36.1	-23	-35.6	-24.4
170	10	-16.8	-29	42.8	-13.8	-78.3	-34.4	-20.8	-33.6	-22.5
184	12	-14.7	-27.2	45.5	-11.6	-76.6	-32.8	-19.2	-31.8	-20.7
198	14	-12.8	-25.4	47.8	-10	-75	-30.6	-17.2	-30	-19.2
212	16	-10.9	-23.6	50	-8.3	-73.8	-28.9	-15.1	-28.3	-17.6
225	18	-9.2	-22.1	51.7	-6.6	-72.2	-27.8	-13.3	-26.6	-16.1
239	20	-7.5	-20.5	53.3	-5.5	-70.5	-26.1	-11.9	-25.1	-14.7
253	22	-5.9	-19	55.4	-3.9	-69.4	-24.4	-10.3	-23.7	-13.4
267	24	-4.2	-17.8	57.2	-2.2	-68.3	-23.3	-9	-22.3	-12.2
281	26	-3.1	-16.4	59	-1.1	-67.2	-22.2	-7.4	-21	-10.8
294	28	-1.3	-15	60.5	0.5	-66.1	-20.6	-5.9	-19.7	-9.7
308	30	0	-13.8	62	1.6	-64.8	-19.4	-4.6	-18.2	-8.6
322	32	1.3	-12.7	63.6	2.7	-64.1	-18.3	-3.3	-17.2	-7.5
336	34	2.5	-11.5	65.2	3.9	-63	-17.2	-2.2	-16.1	-6.4
350	36	3.9	-10.3	66.6	5	-62.2	-16.1	-1.1	-14.7	-5.3
363	38	5.3	-9.2	67.3	6.1	-60.9	-15	0	-13.6	-4.4
377	40	6.4	-8	69.4	7.2	-60.2	-13.9	1.4	-12.7	-3.4
391	42	7.5	-7.1	70.7	8.3	-58.9	-13.3	2.2	-11.7	-2.5
404	44	8.6	-5.8	72	9.4	-58.3	-12.2	3.3	-10.8	-1.6
418	46	9.7	-4.7	73.3	10.5	-57.5	-11.1	4.4	-9.8	-0.6
432	48	10.8	-4.2	74.5	11.6	-56.2	-10	5.6	-8.6	0.2
446	50	11.9	-3.3	75.7	12.2	-55.6	-8.9	6.8	-7.8	1
460	52	12.8	-2.3	77.2	13.1	-55	-8.3	7.4	-7	1.9
474	54	13.6	-1.4	78.6	14	-54.2	-7.2	8.4	-5.9	2.7
487	56	14.7	-0.8	80.0	14.8	-53.3	-6.7	9.6	-5.3	3.4
501	58	15.8	0.3	---	15.8	-52.3	-5.6	10.3	-4.2	4.3
515	60	16.6	1.2	---	16.6	-21.9	-5	11.1	-3.6	5
529	62	17.5	1.8	---	17.5	-51.1	-3.9	11.9	-2.5	5.7
543	64	18.5	2.5	---	18.4	-50.5	-3.3	12.8	-1.9	6.4
556	66	19.4	3.4	---	19.2	-49.8	-2.8	14.3	-0.9	6.9
570	68	20.2	4.2	---	19.8	-48.8	-1.7	14.5	-0.2	7.8
584	70	20.7	5	---	20.5	-48.2	-1.1	15.4	0.6	8.5

Fuente: PECOMARK, 2009.

Anexo 3. Guía de aplicaciones de algunos refrigerantes sustitutos disponibles comercialmente.

REFRIG. ANTERIOR	REFRIGERANTE SUSTITUTO				LUBRICANTE	APLICACIÓN TÍPICA	REEMPLAZO							
	Nº. DE ASHRAE	NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	TIPO			INTERINO	LARGO PLAZO						
R-11	R-123	Suva Centri-LP	DuPont	Compuesto Puro	Alquil Benceno o Aceite Mineral	*Enfriadores de Agua con Compresores Centrífugos.		X						
		Genetrón 123	Quimobásicos											
		Forane-123	Elf Atochem											
R-12	R-134a	Suva Cold MP	DuPont	Compuesto Puro	Poliol Ester	*Equipos Nuevos y Reacondicionamientos. *Refrigeración Doméstica y Comercial (Temp. de Evaporación arriba de -7 °C). *Aire Acond. Residencial y Comercial.		X						
		Genetrón 134a	Quimobásicos											
		Forane 134a	Elf Atochem											
		Klea 134a	ICI											
	R-401A	Suva MP39	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (arriba de -23 °C). *Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (abajo de -23 °C). *Transportes Refrigerados.	X							
		Genetrón MP39	Quimobásicos											
	R-401B	Suva MP66	DuPont											
		Genetrón MP66	Quimobásicos											
	R-409A	Genetrón 409A	Quimobásicos											
		FX-56	Elf Atochem											
	R-13	Sin	Suva 95						DuPont	Mezcla Azeot.	Poliol Ester	*Muy Baja Temperatura		X
	R-22	R-410A	Genetrón AZ-20						Quimobásicos	Mezclas Azeotrópicas	Poliol Ester	*Sistemas Unitarios de Aire Acondicionado.		X
R-410B		Suva 9100	DuPont						Poliol Ester				X	
R-407C		Suva 9000	DuPont						Mezcla Zeotrópica (Blend)	Poliol Ester	*Aire Acondicionado Residencial y Comercial. *Bombas de Calor. (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X	
		Genetrón 407C	Quimobásicos											
		Klea 66	ICI											
R-507		Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja).		X						
R-502	R-402A	Suva HP80	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Principalmente en Reacondicionamientos).	X							
		Genetrón HP80	Quimobásicos											
	R-402B	Suva HP81	DuPont		Alquil Benceno	*Máquinas de Hielo y Otros Equipos Compactos.	X							
	R-404A	Suva HP-62	DuPont		Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X						
		Genetrón 404A	Quimobásicos											
		FX-70	Elf Atochem											
	R-407A	Klea 60	ICI		Poliol Ester			X						
	R-408A	FX-10	Elf Atochem		Alquil Benceno		X							
R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester			X							

Fuente: PECOMARK, 2009.

Anexo 4. Gases Refrigerantes Clorofluorocarbonados.

<i>Refrigerante</i>	<i>Nombre Químico</i>	<i>Fórmula</i>	<i>Aplicaciones y usos</i>
11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F	Enfriadores centrífugos. Solvente de Limpieza
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	Refrigeración Comercial. Aire acondicionado automotriz (A - A automotriz)
22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	Refrigeración Temperatura baja, Aire Acondicionado de paquete. EL Genetron 22 es una hidrocrofluorocarbono (HCFC) .La regulación de este gas entra al país marca su salida en el años 2040
500	Azeotropo	CCl ₂ F ₂ /CH ₃ CH F ₂	Transporte refrigerado
502	Azeotropo	CHClF ₂ /CClF ₂ CF ₃	Cámaras de Enfriamiento. Vitrinas de Súper Mercados. Aplicaciones Industriales
13	Clorotrifluorometano	CClF ₃	Ultra bajas Temperaturas. Equipos en cascada.
503	Azeotropo	CHF ₂ /CClF ₃	Ultra bajas Temperaturas. Equipos en cascada.
114	Diclorotetrafluoroetano	C ₂ Cl ₂ F ₄	Enfriadores Centrífugos

Fuente: www.quimobasicos.com.mx.

Anexo 5. Código de colores para los contenedores de algunos refrigerantes comunes.

REFRIGERANTE Nº	COLOR
R-11	NARANJA
R-12	BLANCO
R-13	AZUL CLARO / BANDA AZUL OSCURO
R-22	VERDE
R-123	GRIS CLARO (PLATA)
R-134a	AZUL CLARO (CELESTE)
R-401A (MP-39)	ROJO-ROSADO
R-401B (MP-66)	AMARILLO-MARRÓN
R-402A (HP-80)	MARRÓN CLARO
R-402B (HP-81)	VERDE ACEITUNA
R-404A (HP-62)	NARANJA
R-407C (AC-9000)	GRIS
R-500	AMARILLO
R-502	LILA CLARO
R-503	AZUL-VERDE
R-507 (AZ-50)	MARRÓN
R-717	PLATA

Fuente: PECOMARK, 2009.

VIII. GLOSARIO DE TÉRMINOS

CFC: Sigla de clorofluorocarbono; compuesto químico de flúor, cloro, carbono e hidrógeno utilizado para hacer productos refrigerantes en refrigeradores y aparatos de aire acondicionado, así como en propelentes para aerosoles. El CFC está prohibido en muchos países por ser una de las causas que contribuyen al ensanchamiento del agujero de la capa de ozono.

Estratosfera: Capa de la atmósfera terrestre que se extiende entre los 10 y los 50 km de altitud aproximadamente; en ella reina un perfecto equilibrio dinámico y una temperatura casi constante. La estratosfera está comprendida entre la troposfera (capa inferior) y la mesosfera (capa superior).

GWP: Global Warming Potential; Potencial de calentamiento global. Define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce una liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO₂ está basado en un tiempo horizonte de 100 años.

HCFC: Hidroclorofluorocarbono; Familia de sustancias químicas hidrogenadas relacionadas con los CFC, que contienen hidrógeno, así como cloro, flúor y carbono. El hidrógeno que contienen hace que su vida en la atmósfera se reduzca haciendo que, a largo plazo, los HCFC sean menos nocivos que los CFC.

HFC: Hidrofluorocarbono; Familia de sustancias químicas hidrogenadas relacionadas con los CFC, que contienen hidrógeno, así como flúor y carbono, pero no cloro y, por consiguiente, no agotan la capa de ozono.

Mezclas zeotrópicas: Se llaman así a las mezclas formadas por dos o más componentes (refrigerantes puros) de diferente volatilidad.

Miscible: Propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución homogénea. En principio, el término es también aplicado a otras fases (sólidos, gases), pero se emplea más a menudo para referirse a la solubilidad de un líquido en otro. El agua y el etanol, son miscibles en cualquier proporción.

ODP: Ozone Depletion Potential; Potencial de agotamiento del ozono. Medida de la capacidad que posee una sustancia para destruir el ozono estratosférico, que se basa en su duración en la atmósfera, estabilidad, reactividad y contenido de elementos que pueden atacar al ozono. Todos los PAO se basan en una medida de referencia, que es 1 para el CFC - 11.

PFC: Los perfluorocarburos (PFC) son compuestos sintéticos, realizados por el hombre, que contienen solamente átomos de flúor y de carbono. Son generalmente gases incoloros e inodoros no inflamables a temperatura ambiente, y la mayoría de ellos no son reactivos con ningún elemento o compuesto químico.

R11: Tricloromonofluorometano. Refrigerante químico, sintético, de baja presión, que también se utilizaba como fluido limpiador. Actualmente está descontinuado.

R12: Difluordiclorometano es un representante del grupo CFC. Es uno de los más difundidos y seguros en la operación de los refrigerantes. No es un explosivo, pero a una temperatura superior $T > 330^{\circ}\text{C}$ se descompone con formación de cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno anhidro y trazas del gas venenoso llamado fósgeno. En los equipos de refrigeración, el R-12 fue ampliamente usado para obtener temperaturas medias.

R22: Difluorclorometano se relaciona con el grupo de los HCFCs. Es un gas claro con un débil olor a cloroformo, más venenoso que el R-12, no es explosivo ni combustiona en atmósfera de oxígeno y es poco soluble en agua. Este refrigerante es ampliamente usado para obtener temperaturas bajas en dispositivos de refrigeración de compresión, en sistemas de aire acondicionado y en bombas de calentamiento.

R113: Triclorotrifluoroetano, también llamado 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoroetano o CFC-113 es un clorofluorocarbono. Este líquido incoloro e inestable es un disolvente versátil y ha atraído mucha atención por su papel en el agotamiento del ozono estratosférico. El Protocolo de Montreal en 1987 exigió la eliminación de todos los CFC, incluido el CFC-113 para 2010.

R114: El 1,2-diclorotetrafluoroetano o R-114, también conocido como criofluorano (INN); es un clorofluorocarbono (CFC) con la fórmula molecular $\text{ClF}_2\text{CCF}_2\text{Cl}$. Su uso principal ha sido como refrigerante. Es un gas no inflamable, con un olor dulce similar

al cloroformo, con un punto crítico que se produce a 145.6°C y 3.26 mPa. Cuando se presuriza o se enfría, es un líquido incoloro. Está incluido en la lista del Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático de sustancias químicas que agotan la capa de ozono, y está clasificado como una sustancia que agota la Capa de Ozono del Grupo 1 del Protocolo de Montreal.

R115: Cloropentafluoretano es un gas incoloro e inodoro que se encuentra en forma líquida comprimida. Este gas se utiliza como refrigerante y se usó como propelente en las latas de spray. Este gas dejó de fabricarse en 2010 porque al ser un gas CFC daña la capa de ozono.

R500: Es una mezcla azeotrópica, tiene presiones de vapor levemente más altas y proporciona capacidades más altas. Son del grupo CFC-12 y de HFC-152a y fue utilizada sobre todo en deshumidificadores. Está compuesto de refrigerantes R12 con 73.8% y R152a con 26.2%. No es inflamable y no tóxico. Es incoloro, no turbia y no tiene olor extraño.

R502: Es una mezcla azeotrópica de los refrigerantes R22 y R115. No es explosivo, tiene baja toxicidad y es químicamente inerte a los metales. El refrigerante R502 se mezcla en aceites y es muy poco soluble en agua.

SAO: Sustancia que agota la capa de ozono. Toda sustancia controlada conforme al Protocolo de Montreal y sus Enmiendas. Las SAOs incluyen CFCs, HCFCs, halógenos, tetracloruro de carbono, metilcloroformo, bromoclorometano y bromuro de metilo. Las SAOs tienen un potencial de agotamiento del ozono mayor que 0 y pueden agotar la capa de ozono estratosférica.