



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ



FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

INFORME ESCRITO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Título: “RECONVERSIÓN DE LOS GASES REFRIGERANTES R-22 A R-290 EN TRES MODELOS DE AIRES ACONDICIONADOS, TIPO SPLIT CON DIFERENTE CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ.”

AUTORES: ANCHUNDIA LAZ STALIN ANTONIO
FRANCO GUERRERO LUIS ENRIQUE

Tutor: Ing. Galvin Toala Arcentales

Portoviejo, Febrero 2016

Agradecimiento

En primer lugar a Dios y a mis Padres, por todo su sacrificio y apoyo para que yo hoy pudiera ser el hombre y profesional que soy, todo se lo debo a ellos.

A toda mi familia, dígame tíos y primos que de una forma u otra también formaron parte y contribuyeron a mi formación.

A mi tutor por ayudarme siempre que estuvo al alcance de sus manos.

A mis profesores y personas que desde la dirección de la universidad hicieron posible la proeza de enseñarme y formar en mí el temple de un profesional.

No podía dejar de mencionar a mis compañeros de aula por soportarme todos estos años de estudio.

A todas aquellas personas que su nombramiento convertiría en interminable el trabajo; pero sin los cuales no hubiese sido posible llegar a graduarme.

¡Gracias eterna a todos!

Dedicatoria¹

“Esta tesis se la dedica a mi Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento

“A todas aquellas personas que a través de los años le han dado sentido a mi vida, por el sólo hecho de existir y estar ahí acompañándome en el trasegar por los caminos de la vida, y los retos y desafíos a los que nos enfrenta cada día.

A mi familia quienes por ello soy lo que soy.

Para mis padres por el apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanos por estar siempre presente, acompañándome para poderme realizar.”

¡GRACIAS A USTEDES!

Dedicatoria²

“A Dios

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos mis metas, además de su infinito amor y bondad

A mi madre

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, más que todo por su incondicional Amor. A mis tías por ese apoyo que solo la familia entrega ese amor de familia.

Esposa e hija

Dos seres que han cambiado mi vida, Karen y Lesly quien han sido y son motivación, inspiración y felicidad, por la entrega de su amor, por su apoyo moral y los bellos momentos compartidos que alegran mi vida. Y a todas aquellas personas que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis”

¡Gracias a ustedes!

CERTIFICACIÓN

Quien suscribe la presente señor Ing. Galvin Toala Arcentales, Docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Química; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación " RECONVERSIÓN DE LOS GASES REFRIGERANTES R-22 A R-290 EN TRES MODELOS DE AIRES ACONDICIONADOS, TIPO SPLIT CON DIFERENTE CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ " desarrollada por los profesionistas: Señor ANCHUNDIA LAZ STALIN ANTONIO y FRANCO GUERRERO LUIS ENRIQUE; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por los profesionistas cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.

Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación los profesionistas pusieron mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes


Ing. Galvin Toala Arcentales
TUTOR

INFORME DE REVISOR. TRABAJO DE TITULACION

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Luego de haber realizado el trabajo de titulación, en la modalidad de investigación y que lleva por tema: "RECONVERSIÓN DE LOS GASES REFRIGERANTES R-22 A R-290 EN TRES MODELOS DE AIRES ACONDICIONADOS, TIPO SPLIT CON DIFERENTE CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ " desarrollado por los señores, ANCHUNDIA LAZ STALIN ANTONIO con Cédula No. 1312282088 y FRANCO GUERRERO LUIS ENRIQUE con cédula No. 1310730591, previo a la obtención del título de INGENIERO MECÁNICO, bajo la tutoría y control del señor Ing. Galvin Toala Arcentales, docente de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica de Manabí, aprobada por el H. Consejo Universitario, cumpla con informar que en la ejecución del mencionado trabajo de titulación, sus autores:

- Han respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10 % de similitud con otros documentos existentes en el repositorio
- Han aplicado correctamente el manual de estilo de la Universidad Andina Simón Bolívar de Ecuador.
- Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados
- El trabajo posee suficiente argumentación técnica científica, evidencia en el contenido bibliográfico consultado.
- Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento NO VINCULANTE para los fines legales pertinentes.


Firma: Ing: Luis Felipe Sabando Piguabe.
REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACION

Declaración sobre Derechos de Autor

Declaro bajo juramento que autorizo a la Universidad Técnica de Manabí a utilizar el contenido del trabajo en función de las actividades de la docencia y la investigación en el centro de estudio, a su reproducción y publicación según lo entienda pertinente, por lo que en pleno juicio y capacidad de nuestras facultades mentales, estamos cediendo los derechos de autor de la presente labora a la institución universitaria.

Y para que así conste firmamos la presente.



Fdo: Stalin Antonio Anchundia Laz



Fdo: Luis Enrique Franco Guerrero

Índice

Introducción	1
CAPÍTULO PRIMERO	5
Caracterización de los gases refrigerantes. R-22, R-290 y consecuencias de la reconversión.	5
Introducción	5
1.1. Los gases refrigerantes.....	5
1.2. Clasificación técnica de los refrigerantes.....	7
1.3. Clasificación de acuerdo a sus características.....	8
1.4. El uso de los gases refrigerantes y su impacto ambiental	9
1.5. La reconversión de gases refrigerantes como medida de protección ambiental y eficiencia energética.....	11
CAPÍTULO SEGUNDO	14
Caracterización del sitio y la tecnología escogida para el trabajo	14
Introducción	14
2.1. La Universidad Técnica de Manabí.....	14
2.2. Inventario de los equipos acondicionadores de aire y su impacto	17
2.3. El consumo de energía y su impacto económico y ambiental	19
CAPÍTULO TERCERO.....	21
Resultados principales.....	21
Introducción	21
3.2. Resultados de la evaluación	24
3.3. Análisis de la eficiencia.....	27
3.4. Análisis económico y ambiental.....	32
3.5. Análisis de factibilidad técnico-económico del proyecto.....	35
Conclusiones	38

Recomendaciones	38
Bibliografía	39
Anexo 1. Registro de datos estadísticos y gráficos generados con la herramienta STATGRAPHICS	40

Resumen

La localización geográfica del Ecuador ubica al país en una de las regiones del planeta donde incide una mayor radiación solar, y donde a nivel del mar y a bajas alturas se propicia la ocurrencia de un clima cálido con días y noches muy calurosos. En esas condiciones los equipos de acondicionamiento del clima en interiores resultan una herramienta muy necesaria en función de lograr un adecuado clima organizacional para el desarrollo de las actividades productivas, administrativas, de servicios, docentes, de investigación y otras.

En las condiciones en que se imparte la docencia y se realiza la investigación en una universidad, los equipos de acondicionamiento de aire por su potencia, pueden consumir una cantidad considerable de energía, además del peligro ambiental que representa el gas refrigerante que posee el equipamiento para su trabajo.

El trabajo consiste en una investigación demostrativa sobre las ventajas técnicas que puede ofrecer la reconversión del gas refrigerante R 22 por el gas R 290 y se muestra un análisis investigativo sobre el modelo referencial empleado para llevar a vías de hecho la reconversión en tres equipos de diferentes marcas y potencia, demostrando las ventajas en lo energético, lo económico y lo ambiental, además de ofrecer un estudio de factibilidad técnico-económico relacionado con la realización de la reconversión en los 305 equipos acondicionadores de aire que posee la universidad.

Abstract

Ecuador's geographical location places the country in a region of the world where more solar radiation incident and where at sea level and at low altitudes the occurrence of a warm climate with very hot days and nights is encouraged. Under these conditions, conditioning equipment indoor climate are a necessary tool in terms of achieving an appropriate organizational climate for the development of the productive, administrative, service activities, teaching, research and others.

In the conditions in which teaching is taught and the research is conducted at a university, teams of air conditioning for its power, can consume a considerable amount of energy, and environmental dangers of the refrigerant gas that has the equipment his work.

The work consists of a demonstrative research on the technical advantages it can offer the conversion of refrigerant gas R 22 R 290 and an investigative analysis of the reference model used is shown to lead to ways of doing the conversion in three different teams power brands and demonstrating the advantages in energy, economic and environmental, as well as offering a study of technical and economic feasibility related to the realization of the conversion in 305 air conditioning equipment that has the university.

Introducción

Se conoce que durante muchos años el método de refrigeración utilizado por excelencia procedía del hielo natural. Los egipcios empleaban procedimientos para producir hielo artificialmente (Botero G Camilo 1987). Por el siglo XII los chinos utilizaban mezclas de salitre con el fin de enfriar agua (Rubio M Joel 2015).

En años tan próximos como mediados del siglo XIX existían navieras especializadas que transportaban hielo desde las regiones frías a las tropicales y no fue hasta principios del siglo XX que comienza a desarrollarse rápidamente la refrigeración por expansión de un fluido (Puebla José A 2011).

En la actualidad los sistemas de refrigeración y aire acondicionado son de gran importancia para el desarrollo de un adecuado clima organizacional en los sectores productivos y de servicios, especialmente para los países ubicados en la región tropical del planeta. Entre los sistemas más difundidos están los de compresión de vapor, que entre sus componentes cuentan con el compresor, que posee un motor eléctrico, la energía consumida por este representa alrededor del 95 % de la total (CLIMACONFORT 2015).

A nivel mundial en el año 2004 se reportó una demanda de 47,2 millones de acondicionadores de aire, sin incluir 36,3 millones tipo ventana. En la actualidad la demanda ha ido en aumento y en muchos países el consumo de energía eléctrica de estos equipos es de alrededor del 15% de la generación nacional, que generalmente es obtenida a partir de combustibles fósiles, contribuyendo al incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera (CLIMACONFORT 2015).

Toda instalación de refrigeración tiene dentro de sus elementos un gas refrigerante, que en algunos casos se encuentran regulados por sus efectos negativos al medio ambiente. Entre estos el más usado desde los años 50 del siglo pasado fue el R-22, hasta que se descubrió su efecto negativo en la capa de ozono. Esta es una de las sustancias que se encuentra regulada por el protocolo de Montreal y por ello se prevé su eliminación total para el año 2015 en países desarrollados y para el 2030 en el resto de las naciones (CLIMACONFORT 2015).

La reconversión de los gases refrigerantes constituye un tema socorrido en los últimos años. Entre los años 1990 y 1995 en Europa se realizó dentro del sector de la refrigeración, una experiencia muy interesante en el cambio de los refrigerantes clorofluorocarbonos (CFC's), principales causantes del adelgazamiento de la Capa de Ozono. Algunos países tomaron como base la eliminación total del cloro (Rosillo C Fernando J 2011).

En Ecuador la gama de la temperatura ambiental es muy extensa, puesto que desde la cima de los volcanes hasta el litoral y la llanura amazónica, las medias van de 0°C a más de 26°C. En la región andina la temperatura está por lo general estrechamente ligada a la altura. Entre los 1.500 y los 3.000 m.s.n.m los valores promedio varían entre 20°C y 8°C, lo que corresponde a valores máximos absolutos entre 30°C y 22°C y valores mínimos absolutos de 5°C a - 4°C (Pourrut Pierre 2010).

En los flancos externos de las dos cordilleras se ha podido establecer el gradiente altitudinal de la temperatura promedio. Aunque la vertiente oriental presenta valores un tanto más elevados en la zona de piedemonte y muy ligeramente inferiores en altura (Pourrut Pierre 2010).

En la región oriental, la zona del litoral y las islas Galápagos, la media anual se establece entre los 24°C a 25°C con extremos que apenas superan los 38°C y que rara vez descienden a menos de 13°C: Los valores mínimos observados en Zamora (6°C en diciembre de 1973) y; en Puyo (8,3°C en mayo de 1966) son verdaderamente excepcionales (Pourrut Pierre 2010).

Las particularidades climáticas del territorio ecuatoriano expuestas anteriormente, implican que en las zonas del litoral sea muy frecuente el uso de equipos acondicionadores de aire domésticos, que propicia un elevado consumo de energía eléctrica y un alto inventario ambiental del gas refrigerante R-22 en los equipos instalados.

Es por ello que el *problema de investigación* se enfoca en: “cómo lograr reducir en la Universidad Técnica de Manabí el inventario ambiental del gas refrigerante R-22, así como disminuir el consumo de electricidad derivado del consumo de los equipos acondicionadores de aire”.

La investigación se realiza en la Universidad Técnica de Manabí y el *objetivo general* consiste en: “realizar la reconversión del refrigerante R-22 a R-290 en aires

acondicionados tipo Split, con posibilidad de lograr un mayor coeficiente de enfriamiento para temperaturas de evaporación entre 5°C y 12°C, temperatura exterior entre 27 °C y 34 °C, logrando reducir el inventario ambiental existente y disminuir el consumo de energía eléctrica derivada del funcionamiento de los equipos acondicionadores de aire.

Los **objetivos específicos** consisten en: Analizar el estado de los equipos de aire acondicionado para aplicar la reconversión; Simular con un software el comportamiento del ciclo teórico de refrigeración por compresión de vapor para los refrigerantes R-22 y R-290 en las condiciones de explotación establecidas y; Determinar la capacidad de enfriamiento real de cada uno de los equipos a estudiar, el consumo de energía eléctrica, el COP (coeficiente de rendimiento) y la relación de compresión de los Split antes y después de la reconversión, para temperaturas entre 5 °C y 12 °C, y temperatura ambiente entre 27 °C y 34 °C.

La **hipótesis** parte del criterio de que realizando la reconversión del gas refrigerante R-22 a R-290, se puede lograr reducir el inventario ambiental de gases contaminantes atmosféricos y disminuir el consumo de energía eléctrica derivada del uso de los equipos acondicionadores de aire en la Universidad Técnica de Manabí.

La **justificación de la investigación** parte del hecho de que para el año 2030 queda terminantemente prohibido el uso del gas refrigerante R-22, debido al peligro que representa como contaminante atmosférico de alta incidencia. El consumo de energía eléctrica por concepto del funcionamiento de los equipos acondicionadores de aire es alto en la Universidad Técnica de Manabí, con una facturación eléctrica mensual elevada, por lo que resulta necesario reducir el inventario ambiental asociado al gas refrigerante R-22 y disminuir el consumo de electricidad en la institución.

Cuando se consideran las consecuencias derivadas del uso de las tecnologías acondicionadoras de aire, se pudiera pensar como primera solución en su eliminación, pero resulta importante reconocer el efecto que estas tienen en lograr un adecuado clima organizacional que garantice la relaciones laborales, docentes y de investigación de la institución.

Como **metodología de investigación** se ha utilizado una combinación de los métodos cualitativo y cuantitativo, pues se realiza un análisis de la problemática de estudio a partir de la bibliografía localizada, al propio tiempo que se utilizan métodos cuantitativos

como el análisis matemático para resolver problemas y cálculos complejos asociados a la reconversión del gas refrigerante R-22 por el R-290, definiendo los efectos ambientales y energéticos en el orden cuantitativo.

Se utilizaron procedimientos prácticos mediante el empleo de equipos de medición de presiones y temperaturas. Entrevistas a los trabajadores y estudiantes en función de definir el impacto social de la medida adoptada.

El trabajo de diploma se estructura en tres capítulos:

El primero se dedica a realizar una descripción de las características técnicas del gas refrigerante R-22 y R290, definiendo las particularidades de cada uno de estos. Se analiza la clasificación técnica de los refrigerantes y su clasificación de acuerdo a las características. Se realiza una evaluación sobre el uso de los gases refrigerantes y el impacto ambiental derivado y se valora la reconversión de las sustancias dañinas a la capa de ozono, como una medida de protección ambiental y eficiencia energética.

En el segundo capítulo se ofrece una caracterización del sitio escogido para el trabajo, donde se exponen las características y localización de la Universidad Técnica de Manabí, los datos climáticos de la ciudad de Portoviejo, se ofrece el inventario de los equipos de acondicionamiento de aire que existen en la universidad, por marcas y potencia de enfriamiento, así como por facultades que lo poseen, y se expone un análisis sobre el consumo de energía por estos equipos y su impacto ambiental.

En el capítulo tres se exponen los resultados principales del trabajo, donde se muestra el modelo referencial utilizado para desarrollar la investigación relacionada con la reconversión del gas refrigerante R 22 por el gas R 290 a tres equipos de diferentes marcas y potencia de enfriamiento, se exponen los resultados de la evaluación sobre el rendimiento de la tecnología antes y después de la reconversión, se realiza el análisis de la eficiencia de la tecnología a partir de realizada la reconversión, se ofrece un análisis económico y ambiental sobre la aplicación de la reconversión de gas refrigerante R 22 a R 290 y se realiza el análisis de factibilidad técnico-económico del proyecto, donde se definió el Valor Actualizado Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión relacionada con la reconversión del gas refrigerante en los 305 equipos de acondicionamiento de aire con que cuenta la universidad.

CAPÍTULO PRIMERO

Caracterización de los gases refrigerantes. R-22, R-290 y consecuencias de la reconversión.

Introducción

El uso masivo del R-22 comenzó a generalizarse durante la primera mitad del siglo XX; pero ya avanzada la segunda mitad del propio siglo, se descubren los efectos destructivos de este gas en la capa de ozono (Contreras Ricardo R 2011).

El capítulo cuenta con cinco apartados, mediante los cuales se realiza la caracterización de los gases refrigerantes. R-22, R-290 y las consecuencias de la reconversión. En el apartado uno se realiza una descripción de las características técnicas del gas refrigerante R-22 y R290, definiendo las particularidades de cada uno de estos. En el apartado dos se analiza la clasificación técnica de los refrigerantes y su categorización de acuerdo a las características. En el apartado tres se describe su clasificación de acuerdo a sus características; en el cuarto se realiza una evaluación sobre el uso de los gases refrigerantes y el impacto ambiental derivado y; en el apartado quinto se valora la reconversión de las sustancias dañinas a la capa de ozono, como una medida de protección ambiental y eficiencia energética.

1.1. Los gases refrigerantes

Un refrigerante es cualquier sustancia capaz de absorber calor de otra. Dado que la refrigeración mecánica se basa en la evaporación y la consiguiente condensación del fluido para absorber y disipar el calor (Contreras Ricardo R 2011).

Un refrigerante debe cumplir con características físicas para que pueda repetir el ciclo líquido a gas y gas a líquido, como son (Contreras Ricardo R 2011):

- a. Adecuada temperatura y presión de servicio (=> economía, diseño, construcción y operación) y;
- b. Buen efecto refrigerante.

El efecto de refrigeración de un refrigerante se mide en función de la cantidad de calor que es capaz de absorber desde que entra al evaporador como líquido, hasta que sale como vapor y se resume como la diferencia entre el calor que contiene el líquido y el calor contenido en el vapor después de pasar por el evaporador (Contreras Ricardo R 2011).

El punto de ebullición de un refrigerante a la temperatura ambiente es fundamental a la hora escoger el equipo requerido y el tipo de servicio en el cual será utilizado. El coeficiente de comportamiento (C.C.) de un refrigerante es la medida de su eficiencia en utilizar la energía gastada en el compresor, en relación con la energía absorbida durante la evaporación. Mientras menos energía necesite el refrigerante para comprimirse, mayor será el C.C del sistema (Contreras Ricardo R 2011).

Si el refrigerante es de alta densidad al fluir en las tuberías tendrá mayor fricción y, por tanto, una caída de presión. Por esto los refrigerantes de baja densidad tienen más ventajas y pueden ser un factor importante a la hora de su elección. El efecto refrigerante es igual al calor de evaporación menos el calor perdido en enfriar el líquido desde la temperatura al entrar en el evaporador a la temperatura final. Mientras más pequeño sea el calor específico del refrigerante líquido, mayor será el efecto de refrigeración (Contreras Ricardo R 2011).

El refrigerante debe tener una temperatura crítica mayor que la más alta temperatura al salir del compresor. De otra manera la condensación no es posible. La temperatura crítica de la mayoría de los refrigerantes está por encima de la temperatura de condensación. La presión crítica también debe estar por arriba de la presión de condensación (Contreras Ricardo R 2011).

Mientras que la mayoría de los refrigerantes tienen un punto de congelación menor que el punto de congelación del agua (-20°F a +10°F), cuando se requieren temperaturas extrabajas, se debe tener mucho cuidado al escoger el refrigerante. El punto de congelación de un refrigerante debe ser bastante menor que la más baja temperatura obtenida en el evaporador. Los refrigerantes deben reunir las siguientes características técnicas (Contreras Ricardo R 2011):

- Estables ante continuos cambios de presión y temperatura;
- Estables a la descomposición por contaminación con Aire, aceite o agua.

- No deben ser corrosivos (alguno refrigerantes como el amoníaco reaccionan con la humedad formando el hidróxido de amonio que reacciona con las tuberías de hierro, cobre u aleaciones).
- Deben ser químicamente estables en presencia de aceites lubricantes, y no afectar las propiedades fisicoquímicas del lubricante.

1.2. Clasificación técnica de los refrigerantes

Los refrigerantes se clasifican técnicamente según se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación técnica de los refrigerantes

GRUPO	REFRIGERANTE		FÓRMULA		
I	Amoníaco		NH ₃		
II	Dióxido de Carbono		CO ₂		
III	Dióxido de azufre		SO ₂		
IV HIDROCARBUROS	Etano		CH ₃ CH ₃		
	Etileno		CH ₂ CH ₂		
	Propano		CH ₃ CH ₂ CH ₃		
	Isobutano		CH(CH ₃) ₃		
	Butano		CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃		
GRUPO	FAMILIA	REFRIGERANTE	FÓRMULA		
V	Hidrocarburos Clorados	Clorometano	CH ₃ Cl		
		Cloroetano	CH ₃ CH ₂ Cl		
		Diclorometano	CH ₂ Cl ₂		
		Dicloroetano	CHClCHCl ₂		
		Tricloroetano	CHClCCl ₂		
	Serie de metanos				
	Hidrocarburos Fluorados	Freón 11 Tricloromonofluoro metano	CCl ₃ F		
		Freón 12 Diclorofluorometano	CCl ₂ F ₂		
		Freón 13 Monoclorotrifluorometano	CClF ₃		
		Freón 14 Tetrafluorometano	C F ₄		
		Freón 21 Dicloromonofluorometano	CHCl ₂ F		
		Freón 22 Monoclorodifluorometano	CHClF ₂		
		Serie etanos			
		Freón 113 Triclorotrifluoroetano	CCl ₂ FCFCl ₂		
		Freón 114 Diclorotetrafluoroetano	CClF ₂ CClF ₂		
		Serie de los Bromuros			
		K ulene 131 Bromotrifluorometano	CBrF ₃		
		Freón 21 Dicloromonofluorometano	CHCl ₂ F		
		Freón 22 Monoclorodifluorometano	CHClF ₂		
		VI	Azeótropos	Carrene 7	74.2 % Freón 12

			25.8 % difluoroetano
VII	Otros	Óxido nitroso	N ₂ O
		Formato de metilo	HCCOCH ₃
		Etilamina	CH ₃ CH ₂ NH ₂
		Metilamina	CH ₃ NH ₂

Fuente: Elaboración propia en base a (Contreras Ricardo R 2011).

1.3. Clasificación de acuerdo a sus características

Dióxido de carbono (CO₂) (Contreras Ricardo R 2011):

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

Anhídrido Sulfuroso (SO₂) (Contreras Ricardo R 2011):

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

Hidrocarburos (Contreras Ricardo R 2011):

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

Clorofluorados (CFCs) ó Freones (Contreras Ricardo R 2011):

- No son tóxicos;

- No son irritantes;
- No son inflamables;
- En condiciones normales no son corrosivos;
- Son incoloros;
- Inodoros;
- Son Químicamente estables;
- No afectan a los lubricantes ni son afectados ellos, aunque sean más o menos miscibles;
- Mientras mayor sea el número de hidrógenos, más inflamables serán;
- Poseen buenas cualidades térmicas.
- Son agresivos por excelencia de la capa de ozono

1.4. El uso de los gases refrigerantes y su impacto ambiental

La refrigeración mecánica por compresión consiste en un procedimiento técnico mediante el cual, un gas refrigerante se comprime a líquido normalmente por un motor eléctrico y entonces circula por una espiral metálica de pequeño diámetro arrollada alrededor del espacio a ser enfriado. Cuando se le permite al líquido expandirse a gas de nuevo, absorbe calor y enfría ese espacio (Contreras Ricardo R 2011).

Los freones comenzaron a desarrollarse básicamente en la década de 1930, como sustitutos estables no tóxicos y no inflamables del amoníaco gaseoso utilizado hasta el momento en la refrigeración (Contreras Ricardo R 2011).

El papel de los CFCs se ha extendido mucho en los últimos sesenta años y se continúa utilización en los equipos de refrigeración y en los aparatos de aire acondicionado, empleándose también como: solvente; propelente de aerosoles para productos tales como laca del pelo y desodorantes; agentes espumantes para aislamiento en la industria de la construcción y embalajes para alimentos precocidos (Contreras Ricardo R 2011).

Los más comunes y utilizados en la refrigeración y el acondicionamiento de aire son el Freón-11 y el Freón-12, ambos se producen por la acción del fluoruro de hidrógeno sobre tetracloruro de carbono. La cloración de metano produce una mezcla compleja de los productos, mono-, di-, tri- y tetraclorados que pueden ser separados por destilación. Los metanos clorados sirven de punto de partida en la síntesis industrial de los CFs y HCFs (Contreras Ricardo R 2011).

La estabilidad química de estos gases es la que les hace ser tan peligrosos. Los CFCs son virtualmente indestructibles en la troposfera (cerca del suelo) y por eso se difunden muy lentamente a la estratosfera, pudiendo ser degradados por la radiación ultravioleta en átomos de cloro libres y diversos radicales. Es este cloro atómico libre el que destruye al ozono. Se ha estimado que por cada Cl se degradan 100 millones de moléculas de ozono, que son removidas de la atmósfera en perjuicio de la vida en la tierra (Contreras Ricardo R 2011).

En la figura 1. se muestra una foto tomada por la NASA el 9 de septiembre del año 2000, donde se ilustra el agujero en la capa de ozono, que ha sido uno de los más intensos que hasta ahora se ha registrado, alcanzó los 28 millones de Km², los colores azules más intensos representan las mayores reducciones de ozono.

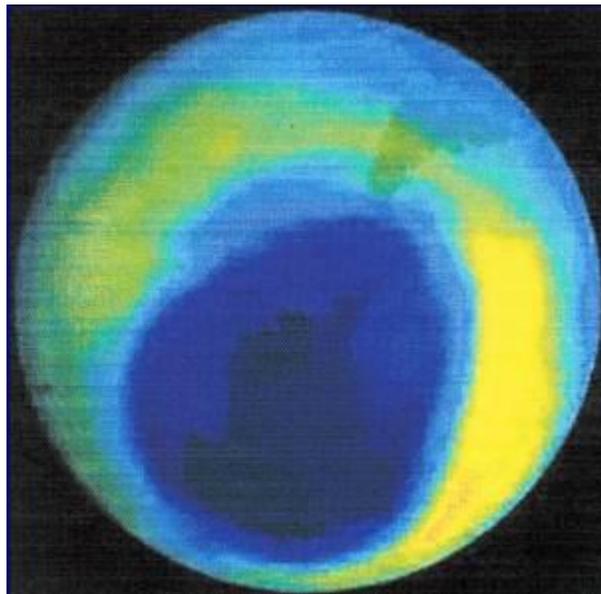


Figura 1. Foto del agujero en la capa de ozono

Fuente: NASA 9 de septiembre del año 2000

En el Protocolo de Montreal y sus diferentes enmiendas, se traza la política mundial de protección de la capa de ozono. En el año 1987 se aprueba el documento original que plantea la reducción escalonada de CFCs y se traza una meta de su eliminación en un plazo de 5 años; pero en 1990 se aprueba la Enmienda de Londres, que plantea la eliminación total de CFCs adelantada a 1996 en los países desarrollados y su reducción escalonada hasta su desaparición para el año 2030 en países desarrollados. En 1995 se aprueba la Enmienda de Viena, donde se plantea la desaparición de HCFCs para el año 2020. Incluye

a países en desarrollo en programa de reducción de CFCs y HCFCs, para el año 2010 la eliminación de CFCs; para el 2015 la congelación de niveles de HCFCs y para el año 2040 la eliminación de HCFCs (Contreras Ricardo R 2011).

En la tabla 2 se muestra el compromiso de reducción de sustancias destructoras del ozono, según el Protocolo de Montreal.

Tabla 2. Compromiso de reducción de sustancias destructoras del ozono, según el Protocolo de Montreal

Compuesto	Porcentaje de reducción en países desarrollados	Porcentaje de reducción en países en vías de desarrollo
CFC	100 % 1996	0% 1999 50% 2005 85% 2007 100% 2010
CCl ₄	100 % 1996	85% 2005 100% 2010
Halones	100% 1996	0% 1996 50% 2005 100 % 2010
Metil cloroformo	100% 1996	0 % 2003 30 % 2005 70% 2010 100 % 2015
HBFC	100 % 1996	0% 2016 100 % 2040
HCFC	0% 1996 35 % 2004 65 % 2010 90% 2015 99,5 % 2020 100% 2030	0 % 2016 100 % 2040

Fuente: (Contreras Ricardo R 2011)

Resulta importante considerar que los 33 países de Latinoamérica y la región del Caribe ratificaron tanto el Convenio de Viena de 1985, como el Protocolo de Montreal de 1987. Muchos de ellos han ratificado las enmiendas de Londres 1990, Copenhague 1992, Montreal 1997, y Beijing 1999. Solo cuatro países: República Dominicana, Guatemala, Honduras y Surinam, no se han adherido a ninguna de las enmiendas, y en todo el continente solo Chile ha firmado las cuatro (Contreras Ricardo R 2011).

1.5. La reconversión de gases refrigerantes como medida de protección ambiental y eficiencia energética

Se han definido algunas estrategias para preservar la capa de ozono volviendo a una refrigeración más ecológica mediante tres vías fundamentales (Contreras Ricardo R 2011):

- a. Refrigeración por Absorción.
- b. El Agua como Refrigerante.
- c. El Amoníaco como Refrigerante.

Otra de las estrategias se enfoca a la reconversión de los gases refrigerantes, sustituyendo aquellas sustancias que resultan agresoras de la capa de ozono y dentro de esta visión se encuentra la reconversión del gas refrigerante R-22 por R-290 (Contreras Ricardo R 2011).

En Asia países como China, Indonesia, Singapur, Malasia, Tailandia, Filipinas, Japón, Taiwán, India y Sri Lanka llevan la vanguardia en la reconversión de los gases agresores de la capa de ozono. En el continente africano Sur África es el país con mayores resultados en la reconversión de R-22 a R-290. En Latinoamérica el país que más ha avanzado en este tema es Jamaica, donde se han reportado noticias de algunas reconversiones en sistemas de acondicionamiento de aire. En Europa Alemania y Gran Bretaña entre otros países, han desarrollado la tecnología de hidrocarburos en equipos de climatización. Todos estos países reportan ahorros energéticos entre un 10 y un 30 % (Rosillo C Fernando J 2011).

En los momentos actuales la mayoría de los especialistas a nivel mundial plantean la aplicación de la climatización con refrigerantes ecológicos que no afecten la capa de ozono y no provoquen efecto invernadero y además proporcionen una mayor eficiencia energética, es decir ahorren energía. Entre las sustancias sobresale como refrigerante ecológico el propano (R-290) (Rosillo C Fernando J 2011).

Existe la alternativa de que los equipos de climatización que usan como refrigerante el Freón 22 pueden ser reconvertidos con el R-290, ya que este es un refrigerante con bajo potencial de calentamiento global y tiene un potencial de destrucción de ozono nulo, además de tener características de trabajo muy similares al R-22 (Rosillo C Fernando J 2011).

El R-22 contiene propiedades físicas, químicas y termodinámicas que son propias de ese refrigerante, indistintamente estas propiedades difieren significativamente del R-290, en el peso molecular, capacidad volumétrica, entalpía de vaporización, densidad del líquido, del vapor en condiciones de evaporación y de condensación. Las mismas muestran o dan una idea de cómo puede funcionar un aire acondicionado con ambos refrigerantes. En

la tabla 3 se expresan las propiedades termofísicas de los gases R-22 y R-290 (Rosillo C Fernando J 2011).

Tabla 3. Propiedades termofísicas de los gases R-22 y R-290

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

Fuente: (Rosillo C Fernando J 2011).

CAPÍTULO SEGUNDO

Caracterización del sitio y la tecnología escogida para el trabajo

Introducción

En el segundo capítulo se refleja una idea caracterizada sobre el sitio escogido para la realización de la investigación. Cuenta con tres apartados: en el primer apartado se realiza una caracterización de la Universidad Técnica de Manabí y se particulariza en las características climáticas del territorio; en el segundo apartado se expone el inventario de los equipos de aire acondicionado por marca y por facultades y departamentos; En el tercer apartado se muestra la equivalencia energética del equipamiento de acondicionamiento de aire y se ofrece un estimado del consumo de energía por este equipamiento diaria, mensual y anual.

2.1. La Universidad Técnica de Manabí

La Universidad Técnica de Manabí (UTM) se ubica en la ciudad de Portoviejo capital de la provincia de Manabí, específicamente en la avenida Urbina y calle Che Guevara de la parroquia “12 de marzo” (Veliz B José F 2004), con una ubicación geográfica correspondiente a los $1^{\circ}02'46.2''$ de latitud sur y los $80^{\circ}27'11.9''$ de longitud oeste . En la figura 2 se muestra la macro localización de la ciudad de Portoviejo en un mapa.



Figura 2. Macro localización de la ciudad de Portoviejo

Fuente: Elaboración propia en base a una foto de Google.

El Clima en la ciudad de Portoviejo oscila entre tropical seco a tropical húmedo y está determinado por las corrientes marinas, especialmente la de Humboldt. Durante el invierno que se inicia a principios de diciembre y concluye en mayo el clima es caluroso y está influenciado por la corriente cálida del Niño. Por el contrario el Verano que comprende los meses de junio a diciembre es menos caluroso, gracias a la corriente fría de Humboldt, aunque la temperatura no es uniforme en toda la provincia, la temperatura media en Portoviejo la capital es de 25°C. En la tabla 4 se muestra un resumen de los datos climáticos en la ciudad de Portoviejo (Flacsoandes 2010).

Tabla 4. Datos climáticos de la ciudad de Portoviejo

Datos climáticos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Promed. Anual
Temperatura del aire (°C):													
Máxima	34,5	34,0	36	34,4	34,1	33,1	33,1	33	34,9	34	34,9	34,8	34,23
Mínima	21,0	21,1	19,5	19,9	18,6	19,00	18,2	18	17,6	18,5	19,7	20,8	19,3
Media	26,1	26,5	26,5	26,5	25	24,8	24	24	24,1	24,5	25	25,5	25,21
Precipitaciones (Cammacho Ana M):													
total	105	120	103	59	30	26	14	4	5	3	6	16	40,9
Humedad relativa (%):													
Máxima	99	100	100	98	100	98	96	96	96	95	95	97	97,5
Mínima	51	59	52	52	53	56	49	48	44	47	48	51	50,83
Media	80	87	82	80	79	80	77	78	75	76	74	75	78,58

Fuente: (Flacsoandes 2010).

El 25 de Junio de 1954 empieza a funcionar la UTM en la ciudad de Portoviejo, inaugurando una nueva etapa en el proceso educativo de la provincia. Con la misión de formar académicos, científicos y profesionales responsables, humanistas, éticos y solidarios, comprometidos con los objetivos del desarrollo nacional, que contribuyan a la solución de los problemas del país como universidad de docencia e investigación, capaces de generar y aplicar nuevos conocimientos, fomentando la promoción y difusión de los saberes, la cultura y el respeto ambiental, previstos en la Constitución Política de la República del Ecuador (Veliz B José F 2004).

La visión universitaria se enfoca en constituirse como una institución universitaria líder, referente de la educación superior en el Ecuador, promoviendo la creación, desarrollo, transmisión y difusión de la ciencia, la técnica, la cultura y la protección ambiental, con reconocimiento social, proyección regional y mundial (Veliz B José F 2004).

Dentro de sus objetivos académicos se encuentran: Formar integralmente al ser humano para que contribuya al desarrollo del país y al logro de la justicia social,

fortalecimiento de la identidad nacional en el contexto pluricultural del país, a la afirmación de la democracia, la paz, los derechos de las personas y las comunidades, la integración latinoamericana y mundial, la defensa y protección del medio ambiente; Preparar a profesionales y líderes con pensamiento crítico y conciencia social, de manera que contribuyan eficazmente al mejoramiento de la producción intelectual y de bienes y servicios, de acuerdo con las necesidades presentes y futuras de la sociedad y los requerimientos del desarrollo nacional, privilegiando la diversidad en la oferta académica para propiciar una oportuna inserción de los profesionales en el mercado ocupacional; Ofrecer una formación científica y humanística del más alto nivel académico, respetuosa de los derechos humanos, de la equidad de género y del medio ambiente, que permita a los estudiantes contribuir al desarrollo del país y a una plena realización profesional y personal; Fortalecer la investigación científica, innovación tecnológica en todos los niveles y modalidades del sistema y la transferencia de ciencia y tecnología; Desarrollar sus actividades de investigación científica en armonía con la legislación nacional de ciencia y tecnología y la Ley de Propiedad Intelectual, respetando el conocimiento ancestral y la biodiversidad como patrimonio de las comunidades; entre otros (Veliz B José F 2004).

La alta casa de estudios cuenta con una matrícula de más de doce mil estudiantes, así como más de mil profesores y trabajadores, distribuidos en ocho facultades, dentro de las que se encuentra la Facultad de Ciencias Matemática Física y Química la que actualmente se integra con las carreras de ingeniería: Civil, Mecánica, Industrial, Eléctrica y Química. Y desde sus años de creación sus directivos se han perfilado en mejorar las condiciones del campus universitario mediante el perfeccionamiento de un adecuado clima organizacional que beneficie y propicie el cumplimiento de las actividades docentes y de investigación que desarrolla la institución, motivados por sus deseos de seguir avanzando en el progreso, el modernismo tecnológico e intelectual y realizar los aportes que le correspondan en las actividades derivadas de la protección y el respeto ambiental. Con el objetivo de formar profesionales con acreditados conocimientos técnicos, científicos y adecuadas tecnologías, inspirados en una alta conciencia ética ambiental, humanista, responsable, investigador, planificador, emprendedor de proyectos, con suficientes habilidades y destrezas, capaces de aportar al desarrollo de los diferentes sectores de la sociedad ecuatoriana (Veliz B José F 2004).

2.2. Inventario de los equipos acondicionadores de aire y su impacto

En la institución existe un total de 305 equipos acondicionadores de aire, de diferentes tipos y marcas, que acumulan más de siete millones y medio de BTU. En la figura 3 se muestra el comportamiento gráfico de la capacidad de enfriamiento instalada en la UTM por potencia de los equipos (UTM 2016).

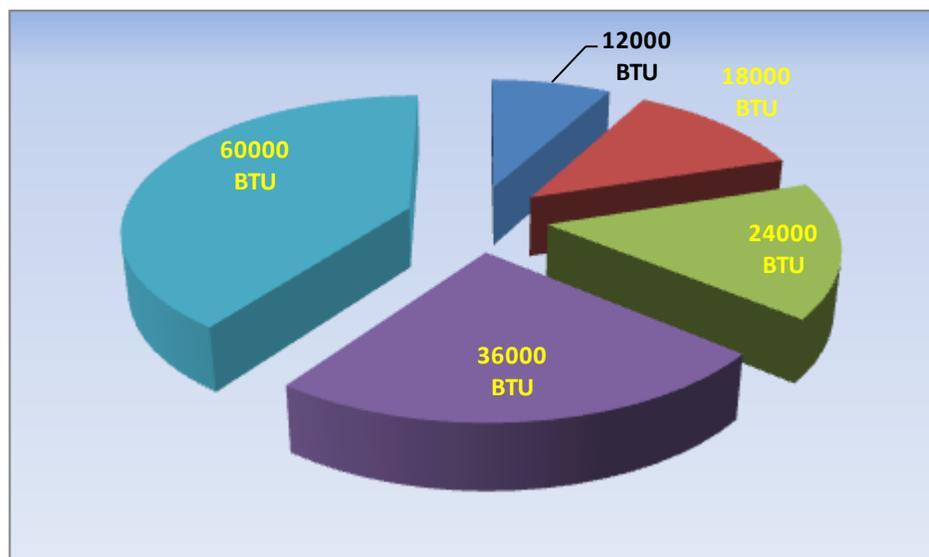


Figura 3. Capacidad de enfriamiento instalada por potencia de los equipos

Fuente: Elaboración propia, (UTM 2016).

En la tabla 5 se muestra el inventario de equipos de enfriamiento de aire por marcas y potencia de enfriamiento (UTM 2016).

Tabla 5. Inventario de equipos de enfriamiento de aire por marcas y potencia de enfriamiento

No	MARCA	CANTIDAD	Potencia instalada (BTU)
1	AVANT	2	60000
2	CARRIER	5	180000
3	CONFORT	3	108000
4	CONFORT AIR	13	600000
5	CONFORT STAR	17	600000
6	DAEWOO	1	24000
7	ECOX	1	24000
8	FRIGIDAIRE	3	54000
9	FRIGOSTAR	4	204000
10	FUJITSU	2	24000
11	GENERAL ELECTRIC	1	12000
12	GOLSTAR	3	72000
13	GOODMAN	1	6000
14	HAIRE	1	36000
15	INDURAMA	36	840000
16	INSTENTAMATIE	1	12000
17	LENNOX	14	576000
18	LEONARD	4	96000
19	LG	138	2682000
20	MAGICIC QUEEN	2	72000
21	PANASONIC	18	420000
22	PHILCO	1	12000
23	PRIMA	11	318000
24	SAMSUNG	9	204000
25	SMC	6	126000
26	SPLIT INVERTER	2	36000
27	TCL	4	78000
28	TEKNO	1	12000
29	WESTINGHOUSE	1	36000
30	Total	305	7524000

Fuente: Elaboración propia, (UTM 2016).

En la tabla 6 se muestra el inventario de equipos de enfriamiento de aire por facultades, Direcciones, Departamentos y potencia de enfriamiento (UTM 2016).

Tabla 6. Inventario de equipos de enfriamiento de aire por Facultades/Departamentos

No	Facultad/Departamento	Cantidad	Total BTU
1	BIBLIOTECA AUDIO-DIGITAL	2	42000
2	CENTRO DE ADMISION NIVELACION	8	156000
3	DEPARTAMENTO DE BIENESTAR ESTUDIANTIL	6	192000
4	DEPARTAMENTO DE CAPACITACION	6	72000
5	DEPARTAMENTO DE VINCULACION	1	24000
6	DIRECCION FINANCIERA	4	650000
7	DPTO. MEDIO AMBIENTE	2	24000
8	ESCUELA DE ACUACULTURA	12	528000
9	FAC. DE FILOSOFIA LETRAS Y CIENCIAS	58	884000
10	FACULTAD DE ADMINISTRACION Y ECONOMIA	14	1832000
11	FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD	81	228000
12	FACULTAD DE CIENCIAS HUMANISTICA	10	468000
13	FACULTAD DE CIENCIAS INFORMATICAS	45	828000
14	FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICA, FISICA Y QUIM.	10	234000
15	FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS	11	312000
16	FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA	6	240000
17	FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMA	9	240000
18	FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNICA	14	342000
19	HONORABLE CONSEJO UNIVERSITARIO	1	12000
20	IMPRESA UNIVERSITARIA	4	36000
21	SALON DE CONFERENCIAS CULTURAL	1	180000
22	Total	305	7524000

Fuente: Elaboración propia (UTM 2016).

2.3. El consumo de energía y su impacto económico y ambiental

La Universidad Técnica de Manabí figura entre las instituciones con un alto consumo de energía eléctrica en la provincia, con una elevada facturación económica por este concepto, que se justifica en garantizar un proceso docente educativo de alta calidad y formación experimental a través de varios laboratorios, aulas, talleres y otros locales docentes, el consumo de electricidad se incrementa por la cantidad de equipos acondicionadores de aire que presentan un alto consumo de energía y con un riesgo ambiental considerable; pero que resultan necesarios para asegurar un ambiente adecuado de aprendizaje e investigación (UTM 2016).

En la tabla 7 se expone la equivalencia energética de la potencia instalada de los aires acondicionados por facultades (UTM 2016).

Tabla 7. Equivalencia energética de la potencia instalada

Facultades/Departamentos	Potencia (BTU)	Equivalencia (kWh)
BIBLIOTECA AUDIO-DIGITAL	42000	12
CENTRO DE ADMISION NIVELACION	156000	46
DEPARTAMENTO DE BIENESTAR ESTUDIANTIL	192000	56
DEPARTAMENTO DE CAPACITACION	72000	21
DEPARTAMENTO DE VINCULACION	24000	7
DIRECCION FINANCIERA	650000	190
DPTO. MEDIO AMBIENTE	24000	7
ESCUELA DE ACUACULTURA	528000	155
FAC. DE FILOSOFIA LETRAS Y CIENCIAS	884000	259
FACULTAD DE ADMINISTRACION Y ECONOMIA	1832000	537
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD	228000	67
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANISTICA	468000	137
FACULTAD DE CIENCIAS INFORMATICAS	828000	243
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS, FISICAS Y QUIMICAS	234000	69
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS	312000	91
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA	240000	70
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMA	240000	70
FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNICA	342000	100
HONORABLE CONSEJO UNIVERSITARIO	12000	4
IMPRESA UNIVERSITARIA	36000	11
SALON DE CONFERENCIAS CULTURAL	180000	53
TOTAL	7524000	2205

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la equivalencia energética se ha considerado:

$$1 \text{ BTU} = 0.0002930711 \text{ kWh}$$

El análisis de la información reflejada en la tabla 6 permite advertir que la potencia instalada en los equipos de acondicionamiento de aire en la universidad es de 2205 kW de potencia, esto sería equivalente a disponer de una central eléctrica de 2,2 MW de potencia sólo para satisfacer la demanda de dicho equipamiento.

CAPÍTULO TERCERO

Resultados principales

Introducción

En el capítulo tercero se exponen los resultados principales del proyecto y cuenta con cinco apartados: en el primero se expone el modelo procedimental puesto en práctica para realizar la reconversión del R 22 a R 290; en el segundo se exponen los resultados de la evaluación sobre el rendimiento de la tecnología antes y después de la reconversión, para lo cual se realizaron los ensayos con tres equipos de diferentes marcas y potencia de enfriamiento; en el apartado tres se realiza el análisis de la eficiencia de la tecnología a partir de realizada la reconversión, para lo cual se utilizó la herramienta STATGRAPHICS que posibilita la combinación una amplia gama de procedimientos analíticos y que ofrece una amplia gama de datos gráficos interactivos que proporcionan un entorno integrado de análisis; en el apartado cuarto se ofrece un análisis económico y ambiental sobre la aplicación de la reconversión de gas refrigerante R 22 a R 290 y; finalmente en el apartado cinco se realiza el análisis de factibilidad técnico-económico del proyecto, donde se definió el Valor Actualizado Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión relacionada con la reconversión del gas refrigerante en los 305 equipos de acondicionamiento de aire con que cuenta la universidad.

3.1. Modelo procedimental puesto en práctica para realizar la reconversión de R 22 a R 290.

La reconversión del gas refrigerante R 22 por el R 290, constituye un procedimiento técnico que debe ser observado con extremo cuidado, dado el riesgo ambiental y técnico que puede representar de no adoptarse las medidas adecuadas en la realización de los trabajos. Se decidió realizar una muestra demostrativa de la reconversión en tres equipos acondicionadores de aire:

1. Marca-MC, Capacidad 24000 BTU
2. Marca- Prima, Capacidad 18000 BTU
3. Marca- Conforstar, Capacidad 12000 BTU

El R 22 que resulta el gas sustituido posee propiedades muy agresivas para la capa de ozono de la atmósfera, constituyendo uno de los agentes que más contribuye al calentamiento global, por lo que su extracción controlada, captura y almacenamiento debe ser considerada como una de las principales tareas técnicas durante el proceso de reconversión.

El gas refrigerante R 290 que constituye el sustituto, no presenta peligros ambientales, pero por sus características debe ser manipulado y suministrado al equipo, bajo estrictas medidas de control técnico, pues se debe garantizar un vaciado perfecto del sistema y la inyección del gas en ausencia total de oxígeno.

El sellado de las cañerías se realizará mediante soldadura con plata entre el 5% y el 15%. Ello garantiza que no queden poros en las soldaduras.

En la figura 4 se muestra el modelo procedimental utilizado para realizar el estudio de la reconversión del gas refrigerante R 22 por el R 290.

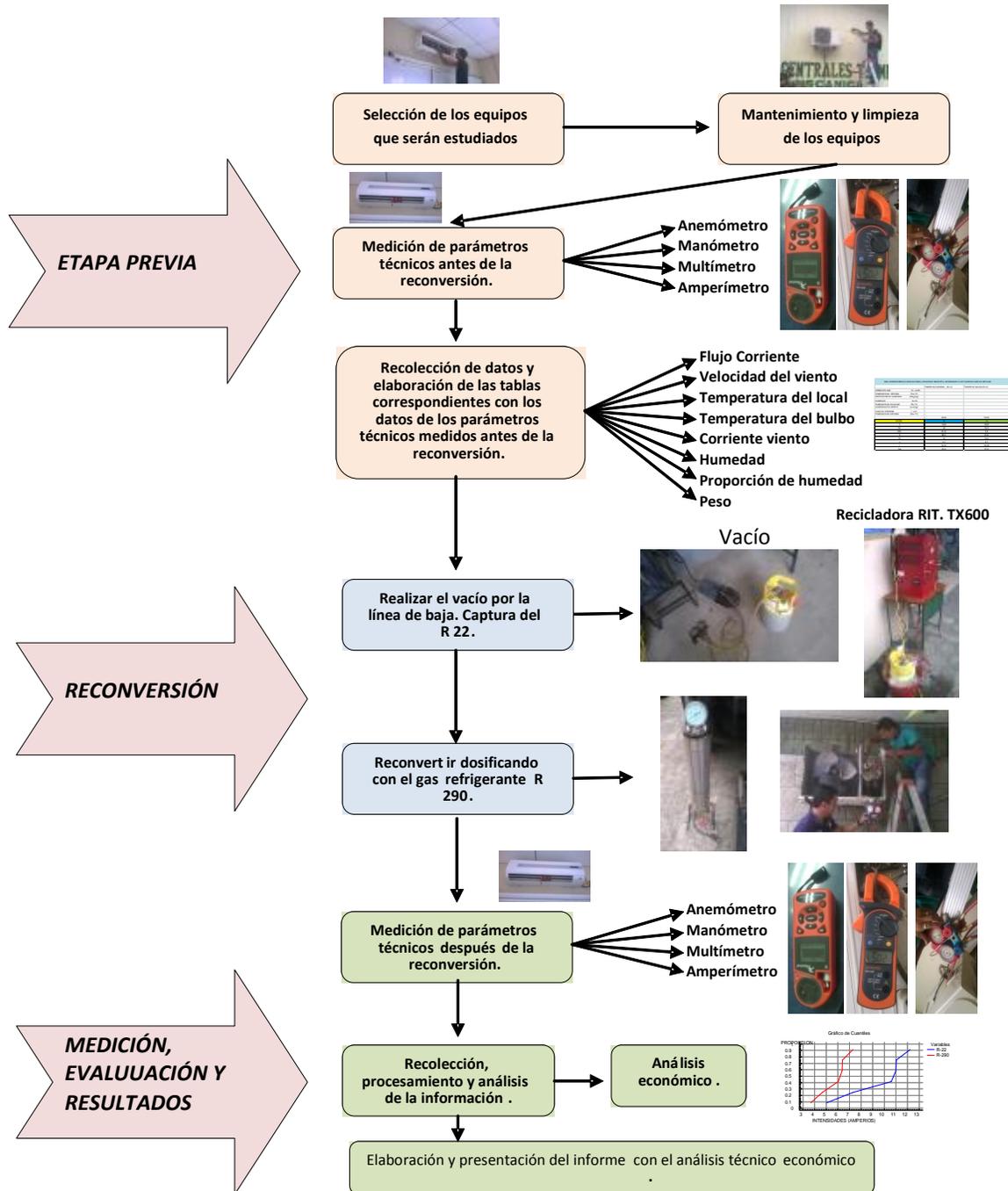


Figura 4. Modelo procedimental utilizado

Fuente: Elaboración propia

3.2. Resultados de la evaluación

Durante la investigación se tomaron registro de las mediciones antes y después de la reconversión del gas refrigerante en tres equipos acondicionadores de aire, uno de 24000 BTU, uno de 18000 BTU y otro de 12000 BTU, donde se tomaron registros de los siguientes parámetros técnicos:

- V→ Corriente aire (m³/h)
- Tin→ Temperatura interna (°C)
- hR→ Proporción de humedad (g/kg)
- H→ Humedad (%)
- Tb→ Temperatura de bulbo (°C)
- v→ Velocidad del viento (m/sg)
- I→ Flujo de corriente (A)
- Tex→ Temperatura externa (°C)

En la tabla 8 se muestran los datos comparativos del registro de los parámetros técnicos expuestos anteriormente antes y después de la reconversión en el equipo acondicionador de aire marca MC de 24000 BTU.

Tabla 8. Datos comparativos del registro de los parámetros técnicos equipo marca MC de 24000 BTU

Parámetros	Momento de tomado el registro	
	Antes	Después
V (m3/h)	1720	1800
Tin (°C)	14,5	13,6
hR (g/kg)	9,70	10,05
H (%)	94,2	93,1
Tb (°C)	13,6	11,2
V (m/sg)	4,8	5,5
I (A)	11,02	6,35
Tex (°C)	26,9	24,5

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra una gráfica con el comportamiento de 4 parámetros que demuestran con claridad las ventajas técnicas de la reconversión del gas refrigerante R 22 por R 290, pudiendo comprobar después del estudio los siguientes resultados:

- la temperatura interna del local puede bajar unos 0,9°C menos;
- la temperatura del bulbo 2,4°C menos;
- la velocidad del viento al salir del equipo puede ser mayor en 0,7m/sg y;

- el flujo de corriente puede ser menor en 4,67A, lo que representa el 58% del total anterior, pudiendo ahorrar el 42% de la energía.

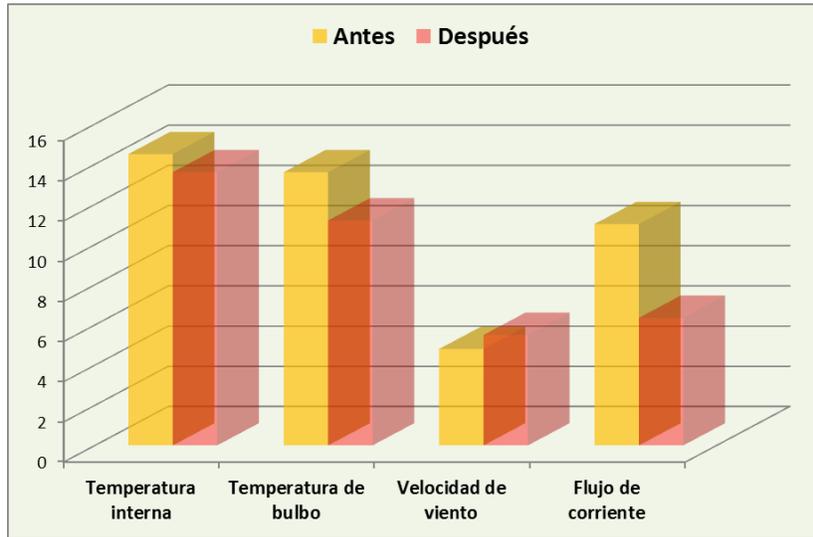


Figura 5. Comportamiento de 4 parámetros técnicos con el equipo marca MC de 24000 BTU

Fuente Elaboración propia

En la tabla 9 se muestran los datos comparativos del registro de los parámetros técnicos expuestos anteriormente antes y después de la reconversión en el equipo acondicionador de aire marca Prima de 18000 BTU.

Tabla 9. Datos comparativos del registro de los parámetros técnicos equipo marca Prima de 18000 BTU

Parámetros	Momento de tomado el registro	
	Antes	Después
V (m3/h)	1643	1843
Tin (°C)	15,2	14,1
hR (g/kg)	9,8	8,5
H (%)	91,6	90,7
Tb (°C)	14,6	13,5
V (m/sg)	4,7	6,02
I (A)	12,22	7,3
Tex (°C)	27,2	24,0

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6 se muestra una gráfica con el comportamiento de 4 parámetros que demuestran con claridad las ventajas técnicas de la reconversión del gas refrigerante R 22 por R 290, pudiendo comprobar después del estudio los siguientes resultados:

- la temperatura interna del local puede bajar unos 1,1°C menos;
- la temperatura del bulbo 1,1°C menos;
- la velocidad del viento al salir del equipo puede ser mayor en 1,32m/sg y;
- el flujo de corriente puede ser menor en 4,92A, lo que representa el 60% del total anterior, pudiendo ahorrar el 40% de la energía.

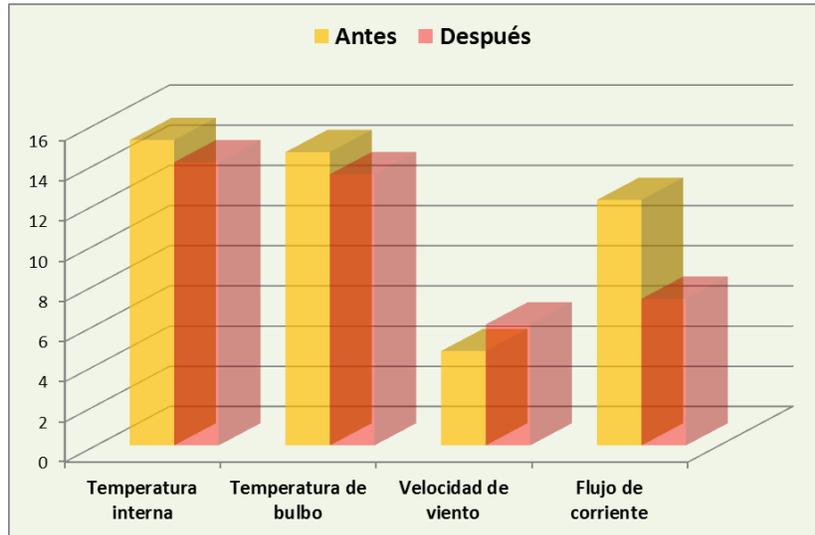


Figura 6. Comportamiento de 4 parámetros técnicos con el equipo marca Prima de 18000 BTU
Fuente Elaboración propia

En la tabla 10 se muestran los datos comparativos del registro de los parámetros técnicos expuestos anteriormente antes y después de la reconversión en el equipo acondicionador de aire marca CONFORSTAR de 12000 BTU.

Tabla 10. Datos comparativos del registro de los parámetros técnicos equipo marca CONFORSTAR de 12000 BTU

Parámetros	Momento de tomado el registro	
	Antes	Después
V (m3/h)	1445	1730
Tin (°C)	10,2	9,5
hR (g/kg)	7,35	6,99
H (%)	95,7	94,5
Tb (°C)	9,7	9,2
V (m/sg)	3,9	4,8
I (A)	7,31	4,67
Tex (°C)	26,9	25,8

Fuente: Elaboración propia

En la figura 7 se muestra una gráfica con el comportamiento de 4 parámetros que demuestran con claridad las ventajas técnicas de la reconversión del gas refrigerante R 22 por R 290, pudiendo comprobar después del estudio los siguientes resultados:

- la temperatura interna del local puede bajar unos $0,7^{\circ}\text{C}$ menos;
- la temperatura del bulbo $0,5^{\circ}\text{C}$ menos;
- la velocidad del viento al salir del equipo puede ser mayor en $0,9\text{m/sg}$ y;
- el flujo de corriente puede ser menor en $2,64\text{A}$, lo que representa el 63% del total anterior, pudiendo ahorrar el 37% de la energía.

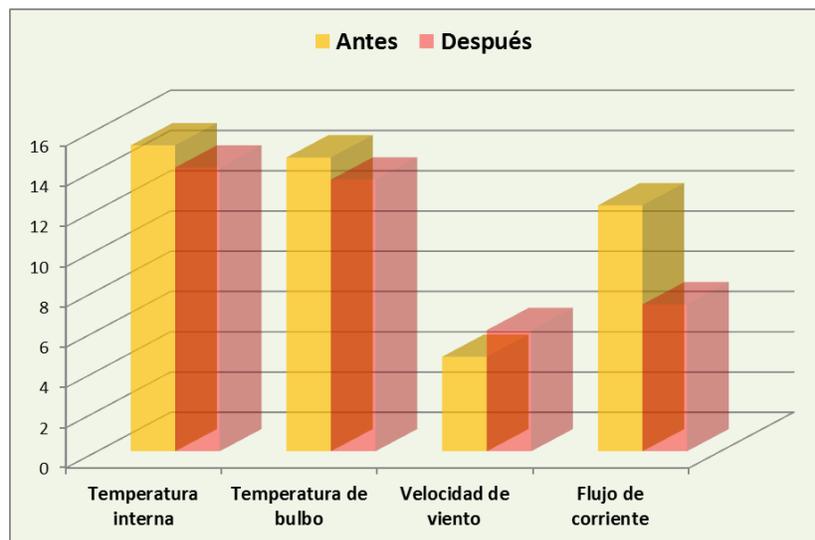


Figura 7. Comportamiento de 4 parámetros técnicos con el equipo marca CONFORSTAR de 12000 BTU

Fuente Elaboración propia

3.3. Análisis de la eficiencia

Para el análisis de la eficiencia en relación con las aplicaciones desarrolladas, se aplicó el software STATGRAPHICS, que constituye una potente herramienta de análisis de datos que combina una amplia gama de procedimientos analíticos con extraordinarios gráficos interactivos para proporcionar un entorno integrado de análisis que puede ser aplicado en cada una de las fases de un proyecto, desde los protocolos de gestión Six Sigma hasta los procesos de control de calidad.

STATGRAPHICS incluye funciones estadísticas avanzadas, capaces de proporcionar rigurosos análisis propios de los profesionales estadísticos más exigentes y experimentados, y al mismo tiempo ofrece un interface muy intuitivo, con funciones de

asistencia exclusivas, de tal forma que proporciona la simplicidad suficiente para permitir a un analista inexperto realizar procedimientos complejos.

En la tabla 11 se muestra el resultado del análisis estadístico comparativo del flujo de corriente durante la operación del equipamiento con el gas refrigerante R 22 y R 290.

Tabla 11. Análisis estadístico comparativo del flujo de corriente

	<i>REFRIGERANTE R22</i>	<i>REFRIGERANTE R290</i>
Recuento	6	6
Promedio	9.53	5.73667
Desviación Estándar	2.75899	1.32326
Coefficiente de Variación	28.9505%	23.0668%
Mínimo	5.02	3.67
Máximo	12.22	7.3
Rango	7.2	3.63
Sesgo Estandarizado	-1.07757	-0.73437
Curtosis Estandarizada	-0.0962652	-0.173876

Fuente: Elaboración propia STATGRAPHICS

En la figura 8 se muestra el comportamiento comparativo de la eficiencia energética durante la operación del equipamiento de acondicionamiento de aire con el gas refrigerante R 22 y R 290.

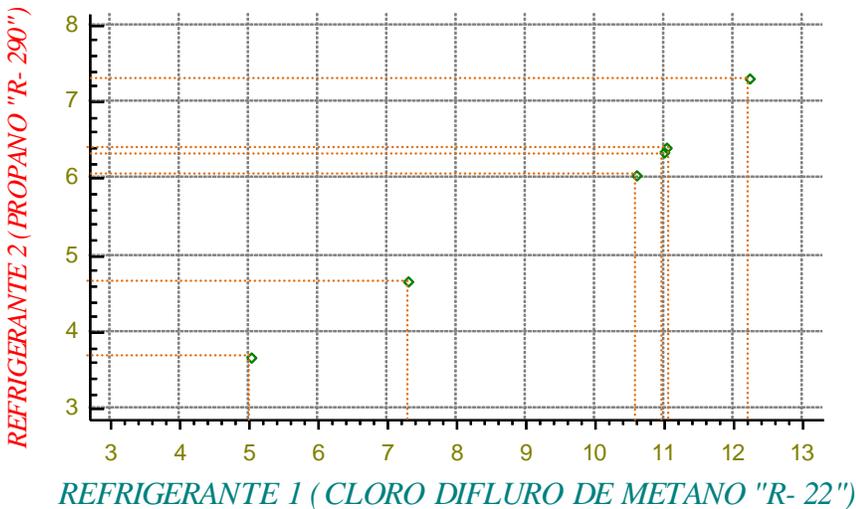


Figura 8. Comportamiento comparativo de la eficiencia energética entre la utilización del gas refrigerante R 22 y R 290

Fuente: Elaboración propia STATGRAPHICS

Se puede apreciar con claridad en la gráfica comparativa el ahorro de hasta un 40% de energía cuando el equipo opera con el gas refrigerante R 290, lo que representa una mayor eficiencia operativa de la tecnología.

En la tabla 12 se muestra el resultado del análisis estadístico comparativo de la velocidad del viento durante la operación del equipamiento con el gas refrigerante R 22 y R 290.

Tabla 12. Análisis estadístico comparativo de la velocidad del viento

	REFRIGERANTE R22	REFRIGERANTE R290
Recuento	6	6
Promedio	4.56667	5.62
Desviación Estándar	1.19944	1.42857
Coefficiente de Variación	26.2652%	25.4193%
Mínimo	2.7	3.7
Máximo	6.3	8.0
Rango	3.6	4.3
Sesgo Estandarizado	-0.260161	0.60864
Curtosis Estandarizada	0.494469	0.753525

Fuente: Elaboración propia STATGRAPHICS

En la figura 9 se muestra el comportamiento comparativo de la velocidad del viento durante la operación del equipamiento de acondicionamiento de aire con el gas refrigerante R 22 y R 290.

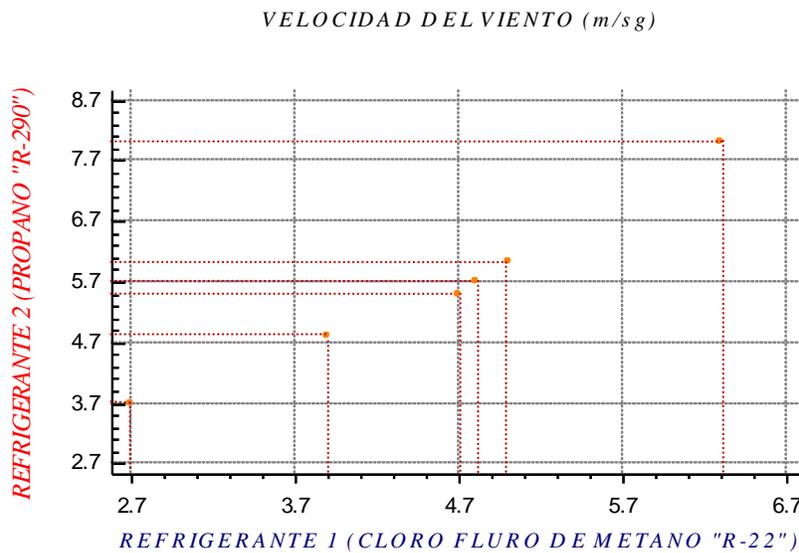


Figura 9. Comportamiento comparativo de la velocidad del viento entre la utilización del gas refrigerante R 22 y R 290

Fuente: Elaboración propia STATGRAPHICS

Se puede apreciar el incremento de la velocidad del viento cuando el equipo está operando con el gas refrigerante R 290, demostrando una mayor eficiencia operativa de la tecnología.

En la tabla 13 se muestra el resultado del análisis estadístico comparativo de la temperatura del bulbo durante la operación del equipamiento con el gas refrigerante R 22 y R 290.

Tabla 13. Análisis estadístico comparativo de la temperatura del bulbo

	REFRIGERANTE R22	REFRIGERANTE R290
Recuento	6	6
Promedio	12.3	11.1
Desviación Estándar	2.00599	1.63829
Coefficiente de Variación	16.3089%	14.7594%
Mínimo	9.7	9.2
Máximo	14.6	13.5
Rango	4.9	4.3
Sesgo Estandarizado	-0.533392	0.313156
Curtosis Estandarizada	-0.843986	-0.460662

Fuente: Elaboración propia STATGRAPHICS

En la figura 10 se muestra el comportamiento comparativo de la temperatura del bulbo durante la operación del equipamiento de acondicionamiento de aire con el gas refrigerante R 22 y R 290.

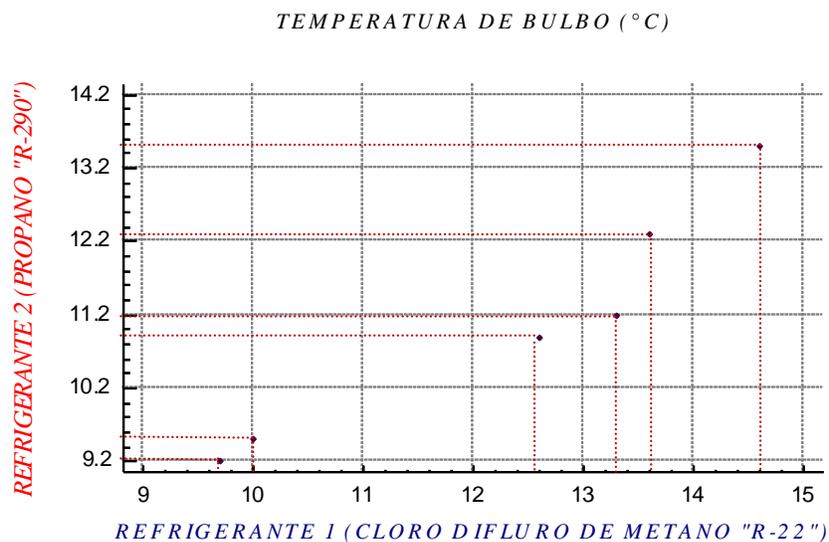


Figura 10. Comportamiento comparativo de la temperatura del bulbo entre la utilización del gas refrigerante R 22 y R 290

Fuente: Elaboración propia STATGRAPHICS

Se puede apreciar que la temperatura del bulbo suele ser más baja cuando el equipo está operando con el gas refrigerante R 290, demostrando una mayor eficiencia operativa de la tecnología.

En la tabla 14 se muestra el resultado del análisis estadístico comparativo de la temperatura interna del local durante la operación del equipamiento con el gas refrigerante R 22 y R 290.

Tabla 14. Análisis estadístico comparativo de la temperatura interna del local

	REFRIGERANTE R22	REFRIGERANTE R290
Recuento	6	6
Promedio	13.2167	12.36
Desviación Estándar	2.55767	2.31931
Coefficiente de Variación	19.3518%	18.7646%
Mínimo	10.1	9.5
Máximo	16.1	15.1
Rango	6.0	5.6
Sesgo Estandarizado	-0.427467	-0.299432
Curtosis Estandarizada	-0.961935	-0.974881

Fuente: Elaboración propia STATGRAPHICS

En la figura 11 se muestra el comportamiento comparativo de la temperatura interna del local durante la operación del equipamiento de acondicionamiento de aire con el gas refrigerante R 22 y R 290.

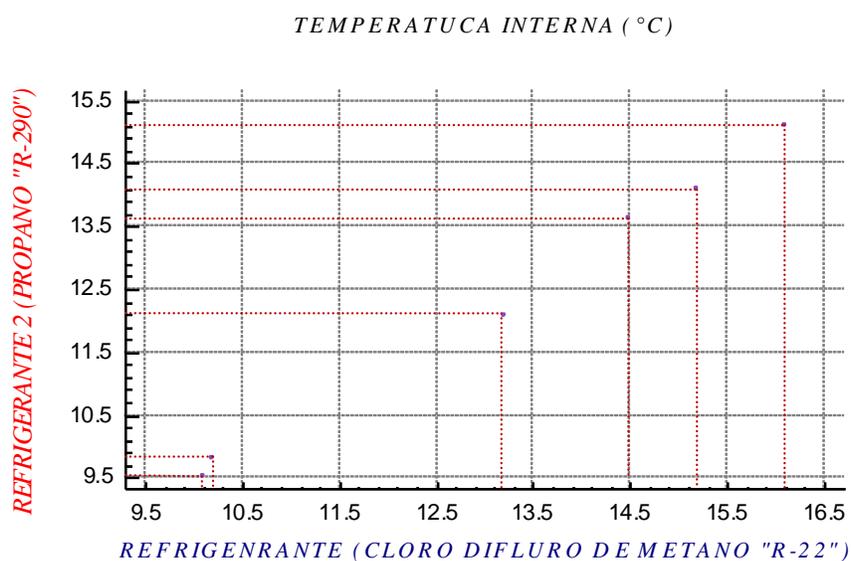


Figura 11. Comportamiento comparativo de la temperatura interna del local entre la utilización del gas refrigerante R 22 y R 290

Fuente: Elaboración propia STATGRAPHICS

Se puede apreciar que la temperatura interna del local suele ser más baja cuando el equipo está operando con el gas refrigerante R 290, demostrando una mayor eficiencia operativa de la tecnología.

Se puede resumir que considerando lo anteriormente señalado se puede afirmar que con el gas refrigerante R 290, el equipamiento de acondicionamiento de aire puede llegar a experimentar temperaturas más bajas con el 42% menos de consumo de energía, lo que demuestra un incremento de la eficiencia y el ahorro de energía a partir de la reconversión realizada.

En el anexo 1 se muestran los registros estadísticos y gráficos realizados con la herramienta STATGRAPHICS.

3.4. Análisis económico y ambiental

Los resultados económicos del proyecto junto al impacto ambiental, constituyen las ventajas distintivas de las acciones innovativas que se presentan. Para la realización de los cálculos del consumo de energía se ha considerado un 70% de coeficiente de explotación técnica de los equipos acondicionadores de aire, con un régimen operativo de 6 horas diarias. Para las estimaciones del gasto energético en el mes se consideraron 24 días de operaciones y para los cálculos correspondientes al año se consideraron 10 meses de trabajo.

Para la realización de los cálculos del consumo de energía en un día antes de realizada la reconversión se utilizó la ecuación 1:

$$Ced = Ee * Cdo * T \quad (1)$$

Donde

Ced→ Estimado del consumo de energía en un día (kWh día)

Ee→ Equivalencia energética (kWh)

Cdo→ Coeficiente de disponibilidad operacional (70%)

T→ Estimado de horas de operación diaria (6h día)

Para la realización de los cálculos del consumo de energía mensual antes de realizada la reconversión se utilizó la ecuación 2:

$$Cem = Ced * Do \quad (2)$$

Donde

Cem→ Estimado del consumo de energía mensual (kWh mes)

Do→ Estimado de días de operación (24/d mes)

Para la realización de los cálculos del consumo de energía mensual antes de realizada la reconversión se utilizó la ecuación 3:

$$Cea = Cem * Mo \quad (3)$$

Donde

Cea→ Estimado del consumo de energía año (kWh año)

Mo→ Estimado de meses de operación (10/mes año)

En la tabla 15 se refleja el estimado de consumo de energía para un día, un mes y un año, con los datos antes de realizar la reconversión y después de realizada la misma.

Tabla 15. Estimado de consumo de energía para un día, un mes y un año por facultades/departamentos

Facultades/Departamentos	Equivalencia (kWh)	Estimado de consumo de energía					
		Antes de la reconversión			Después de la reconversión		
		Día (kWh)	Mes (kWh)	Año (kWh)	Día (kWh)	Mes (kWh)	Año (kWh)
BIBLIOTECA AUDIO-DIGITAL	12	52	1241	12407	31	744	7444
CENTRO DE ADMISION NIVELACION	46	192	4608	46085	115	2765	27651
DEPARTAMENTO DE BIENESTAR ESTUDIANTIL	56	236	5672	56720	142	3403	34032
DEPARTAMENTO DE CAPACITACION	21	89	2127	21270	53	1276	12762
DEPARTAMENTO DE VINCULACION	7	30	709	7090	18	425	4254
DIRECCION FINANCIERA	190	800	19202	192020	480	11521	115212
DPTO. MEDIO AMBIENTE	7	30	709	7090	18	425	4254
ESCUELA DE ACUACULTURA	155	650	15598	155979	390	9359	93588
FAC. DE FILOSOFIA LETRAS Y CIENCIAS	259	1088	26115	261147	653	15669	156688
FACULTAD DE ADMINISTRACION Y ECONOMIA	537	2255	54120	541202	1353	32472	324721
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD	67	281	6735	67355	168	4041	40413
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANISTICA	137	576	13825	138255	346	8295	82953
FACULTAD DE CIENCIAS INFORMATICAS	243	1019	24460	244604	612	14676	146763
FACULTAD DE CIENCIAS M. F. Q.	69	288	6913	69127	173	4148	41476
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS	91	384	9217	92170	230	5530	55302
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA	70	295	7090	70900	177	4254	42540
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMA	70	295	7090	70900	177	4254	42540
FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNICA	100	421	10103	101032	253	6062	60619
HONORABLE CONSEJO UNIVERSITARIO	4	15	354	3545	9	213	2127
IMPRESA UNIVERSITARIA	11	44	1063	10635	27	638	6381
SALON DE CONFERENCIAS CULTURAL	53	222	5317	53175	133	3190	31905
Total	2205	9261	222271	2222707	5557	133362	1333624

Fuente: Elaboración propia

Considerando la información reflejada en la tabla 15 se pudieron realizar los cálculos sobre el impacto económico de la reconversión del gas refrigerante R 22 a R 290. Para ello se consideró un precio referencial del kWh en 0,07 centavos dólar.

En la tabla 16 se refleja el cálculo del impacto económico de la reconversión del gas refrigerante R 22 a R 290, mostrando la reducción estimada del monto de la factura eléctrica en un día, un mes y para un año por facultades/departamentos.

Tabla 16. Impacto económico de la reconversión del gas refrigerante R 22 a R 290 por facultades/departamentos

Facultades/Departamentos	Cálculo del costo de la Factura antes de la reconversión			Estimado del ahorro económico después de la reconversión		
	Día (USD)	Mes (USD)	Año (USD)	Día (USD)	Mes (USD)	Año (USD)
BIBLIOTECA AUDIO-DIGITAL	3,62	86,85	868,52	1,45	34,74	347,41
CENTRO DE ADMISION NIVELACION	13,44	322,59	3225,94	5,38	129,04	1290,38
DEPARTAMENTO DE BIENESTAR ESTUDIANTIL	16,54	397,04	3970,39	6,62	158,82	1588,15
DEPARTAMENTO DE CAPACITACION	6,20	148,89	1488,89	2,48	59,56	595,56
DEPARTAMENTO DE VINCULACION	2,07	49,63	496,30	0,83	19,85	198,52
DIRECCION FINANCIERA	56,01	1344,14	13441,41	22,40	537,66	5376,57
DPTO. MEDIO AMBIENTE	2,07	49,63	496,30	0,83	19,85	198,52
ESCUELA DE ACUACULTURA	45,49	1091,86	10918,56	18,20	436,74	4367,43
FAC. DE FILOSOFIA LETRAS Y CIENCIAS	76,17	1828,03	18280,32	30,47	731,21	7312,13
FACULTAD DE ADMINISTRACION Y ECONOMIA	157,85	3788,41	37884,11	63,14	1515,36	15153,64
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD	19,65	471,48	4714,83	7,86	188,59	1885,93
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANISTICA	40,32	967,78	9677,82	16,13	387,11	3871,13
FACULTAD DE CIENCIAS INFORMATICAS	71,34	1712,23	17122,29	28,54	684,89	6848,92
FACULTAD DE CIENCIAS M. F Y Q	20,16	483,89	4838,91	8,06	193,56	1935,56
FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS	26,88	645,19	6451,88	10,75	258,08	2580,75
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA	20,68	496,30	4962,98	8,27	198,52	1985,19
FACULTAD DE INGENIERIA AGRONOMA	20,68	496,30	4962,98	8,27	198,52	1985,19
FACULTAD DE INGENIERIA ZOOTECNICA	29,47	707,23	7072,25	11,79	282,89	2828,90
HONORABLE CONSEJO UNIVERSITARIO	1,03	24,81	248,15	0,41	9,93	99,26
IMPRESA UNIVERSITARIA	3,10	74,44	744,45	1,24	29,78	297,78
SALON DE CONFERENCIAS CULTURAL	15,51	372,22	3722,24	6,20	148,89	1488,89
Total	648,29	15558,95	155589,52	259,32	6223,58	62235,81

Fuente: Elaboración propia

Resulta perfectamente comprobable la importancia del monto económico que puede disminuirse a través del ahorro de energía eléctrica derivado de la reconversión del gas refrigerante R 22 a R 290, que en un año puede llegar a ser superior a los 60.000,00 dólares.

El impacto ambiental puede ser calculado a partir de considerar que el gasto energético de los equipos de acondicionamiento de aire antes de realizar la reconversión puede ser equivalente a 2000 toneladas de CO₂ que se emiten a la atmósfera anualmente. Con la reconversión del gas refrigerante R 22 a R 290, se puede lograr reducir las emisiones a unas 1200 toneladas de CO₂ al año, evitando que se emitan a la atmósfera unas 800 toneladas de CO₂ al año.

3.5. Análisis de factibilidad técnico-económico del proyecto

Todo lo analizado anteriormente indica que si se quiere reducir el consumo de energía eléctrica y con ello disminuir el monto de la factura que se paga a la empresa eléctrica, se debe trabajar en la dirección de acometer la reconversión del gas R 22 a R 290.

Para ello se debe planificar el gasto económico que implica acometer tal proyecto. En la tabla 17 se muestra el cálculo del financiamiento necesario para llevar a cabo la reconversión del gas refrigerante en los 305 equipos acondicionadores de aire de que dispone la universidad.

Tabla 17. Cálculo del financiamiento necesario para el proyecto

Partidas de financiamiento	Cantidad (U)	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Recursos humanos	3	8.135,00	24.405,00
Mantenimiento de equipos	305	35,00	10.675,00
Materiales para el mantenimiento	1	10.000,00	10.000,00
Materiales para soldadura	305	8,00	2.440,00
Gas refrigerante (botellas 14 onzas)	350	15,00	5.250,00
Total	964		52.770,00

Fuente: Elaboración propia

Conociendo que con la realización del proyecto de reconversión del gas R 22 a R 290 de los 305 equipos acondicionadores de aire con que cuenta la universidad, se pueden ahorrar anualmente unos 62.235,81 dólares, se puede realizar el siguiente estudio de factibilidad técnico-económica, que se ha desarrollado utilizando el Software CEHOMER, que resulta una herramienta viable para la realización de los estudios de factibilidad técnico económica vinculados con la energía.

En la figura 12 se muestran los resultados de estudio de factibilidad técnico-económica relacionado con la reconversión del gas refrigerante R 22 a R 290 en los 305 equipos acondicionadores de aire en la Universidad Técnica de Manabí.

The screenshot shows a software interface for investment data entry. It includes the following fields and values:

Variable	Valor
Inversión	52.770,00
Recursos Propios	100,00%
Préstamo	0,00%
Interés	0,00%
Devolución (Años)	5
Impuesto	12,00%
Inflación	3,00%
Amortización (Años)	5
Tasa de descuento	0,00%
Costes de Mto	39,00%
Ingreso Inicial	62.235,81
Análisis (Años)	5
Valor Actual Neto (VAN)	129.481,35
Tasa Interna de Retorno (TIR)	61,40%
Período de Recuperación (PR)	2

Buttons at the bottom: Datos de Instalación, Calcular Resultados, Ver Reporte.

Figura 12. resultados de estudio de factibilidad técnico- económica

Fuente: Elaboración propia. CE HOMER

- I. El análisis del comportamiento del Valor Actualizado Neto (VAN) permitió definir que representa valores positivos, demostrando la viabilidad económica de la inversión y que los flujos de efectivo futuros que genera el proyecto son viables, logrando duplicar en cinco años el monto invertido.
- II. El análisis permitió definir que el comportamiento de la Tasa Interna de Retorno (TIR) representa valores positivos por encima de los diez puntos porcentuales, demostrando la viabilidad económica de la inversión.
- III. El análisis del periodo de recuperación económica permitió definir que la recuperación del monto invertido puede lograrse 2 años como máximo y el tiempo restante calculado en 5 años de garantía los ingresos son netos a las utilidades.

En la tabla 18 se muestra la tabla de resultados sobre el análisis de la inversión, donde se muestran los resultados anuales.

Tabla 18. Resultados sobre el análisis de la inversión

Tabla de Resultados (Análisis de Inversiones)

Inversión Total:	52.770,00	Interés:	0,00%	Inflación:	3,00%	Costes de Mto:	39,00%
Préstamo:	0,00	Devolución (Años):	5	Amortización (Años):	5	Ingreso del Año 1:	12.235,81
Recursos Propios:	52.770,00	Impuesto:	12,00%	Tasa de descuento:	0,00%	Años:	5

Años	Ingresos	Costes Variables	Amortizaciones	BAIT	Intereses	BAT	Impuesto	Beneficio Neto	Desembolso	Cash flow	Beneficio Acumulado	Penal del Préstamo
1	62.235,81	24.271,97	10.554,00	27.409,84	0,00	27.409,84	3.289,18	24.120,66	0,00	34.674,66	34.674,66	0,00
2	63.947,29	25.000,12	10.554,00	28.393,17	0,00	28.393,17	3.407,18	24.985,99	0,00	35.539,99	70.214,65	0,00
3	65.705,85	25.750,13	10.554,00	29.401,72	0,00	29.401,72	3.528,21	25.873,51	0,00	36.427,51	106.642,16	0,00
4	67.512,78	26.522,63	10.554,00	30.438,12	0,00	30.438,12	3.652,33	26.783,79	0,00	37.337,79	143.979,95	0,00
5	69.369,38	27.318,31	10.554,00	31.497,05	0,00	31.497,05	3.779,65	27.717,40	0,00	38.271,40	182.251,35	0,00
Totales	328.771,06	128.863,16	52.770,00	147.137,90	0,00	147.137,90	17.656,55	129.481,35	0,00	182.251,35	182.251,35	

Valor Actual Neto (VAN):	129.481,35
Tasa Interna de Retorno (TIR):	61,40%
Período de Recuperación (PR):	2

Fuente: Elaboración propia. CE HOMER

Conclusiones

- I. La investigación permitió realizar la reconversión del refrigerante R-22 a R-290 en tres equipo acondicionadores de aire del tipo Split, de marcas y potencia de enfriamiento diferentes, lo que permitió comprobar después de realizados lo trabajos, que con el nuevo gas refrigerante se puede lograr un mayor coeficiente de enfriamiento para temperaturas de evaporación entre 5°C y 12°C, temperatura exterior entre 27 °C y 34 °C, logrando reducir el inventario ambiental existente y disminuir el consumo de energía eléctrica en un 40%.
- II. El estudio de factibilidad técnico-económico realizado permitió demostrar la viabilidad para la generalización de la experiencia a los 305 equipos acondicionadores de aire que existen en la universidad, con un periodo de recuperación económica d dos años, un valor actualizado neto (VAN) equivalente a 129.481,35 dólares y una tasa interna de retorno superior al 61%.

Recomendaciones

- I. Considerando los estudios y evaluaciones realizadas durante la investigación y los resultados del estudio de factibilidad técnico-económica relacionado con la implementación del proyecto al ciento por ciento de los equipos acondicionadores de aire que existen en la institución, se recomienda a la dirección de la universidad se analice la posibilidad de asignar recursos para el desarrollo extendido del proyecto.

Bibliografía

- 1 - Botero G Camilo (1987). "Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado." Prentice Hall Hispanoamerica, S.A. Membro de la Cámara Nacional de la Industria. Editorial Reg. Númm. 1524 Tommo 1. ISBN 968-880-1277-5.
- 2 - Cammacho Ana M (2007). "Crece accidentes por amoniaco 80%." noroeste.com el portal de Sinalda. Culiacán Consultado noviembre 2015. <http://www.noroeste.com.mx/publicaciones.php?id=269534>.
- 3 - CLIMACONFORT (2015). "Prohibicion de recarga del refrigerante R 22." Consultado diciembre 2015. Disponible en <http://www.gasnaturalfenosa.es/negocio/productos+y+servicios/soluciones+energeticas/climaconfort/1297147780664/>. html.
- 4 - Contreras Ricardo R (2011). "Refrigerantes y su impacto ambiental. Universidad de Los Andes." Facultad de Ciencias. Departamento de Química. Laboratorio de Organometálicos. Consultado noviembre 2015. <http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/ricardo/PDF/Refrigerantes%20y%20su%20Impacto%20Ambiental.pdf>.
- 5 - Flacsoandes (2010). "Datos del Clima de Portoviejo." Consultado diciembre 2015. (<http://www.flacsoandes.edu.ec/biblio/catalog/resGet.php?resId=13938>).
- 6 - Pourrut Pierre (2010). "El agua en el Ecuador." Artículo III. El clima en el Ecuador. Consultado noviembre 2015. http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/divers2/010014827.pdf.
- 7 - Puebla José A (2011). "Manual de buenas prácticas en refrigeración." FONDOIN. Venezuela. E-mail: fondoin@cantv.net, www.fondoin.com.ve ISBN: 980-12-1448-1.
- 8 - Rosillo C Fernando J (2011). "Metodología para la sustitución del refrigerante R-22 por el propano en un aire acondicionado." El Centro de Tesis, Documentos, Publicaciones y Recursos Educativos más amplio de la Red. Monografias.com. consultado noviembre 2015.
- 9 - Rubio M Joel (2015). "Refrigeración con Amoniaco." Mundo HVACR Consultado noviembre 2015. <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2009/03/refrigeracion-con-amoniaco/>.
- 10 - UTM (2016). "Inventario de equipos acondicionadores de aire en la UTM." Departamento de la administración. Universidad Técnica de Manabí.
- 11 - Veliz B José F (2004). "Anales de una Universidad en Marcha." Imprenta universitaria de Portoviejo. Universidad Técnica de Manabí., . Biblioteca de la Universidad Técnica de Manabí.

Anexo 1. Registro de datos estadísticos y gráficos generados con la herramienta STATGRAPHICS

INTENSIDAD GRAFICA- ESTADISTICA

Comparación de Dos Muestras - REFRIGERANTE 1 & REFRIGERANTE 2

Muestra 1: REFRIGERANTE 1 (INTENSIDAD)

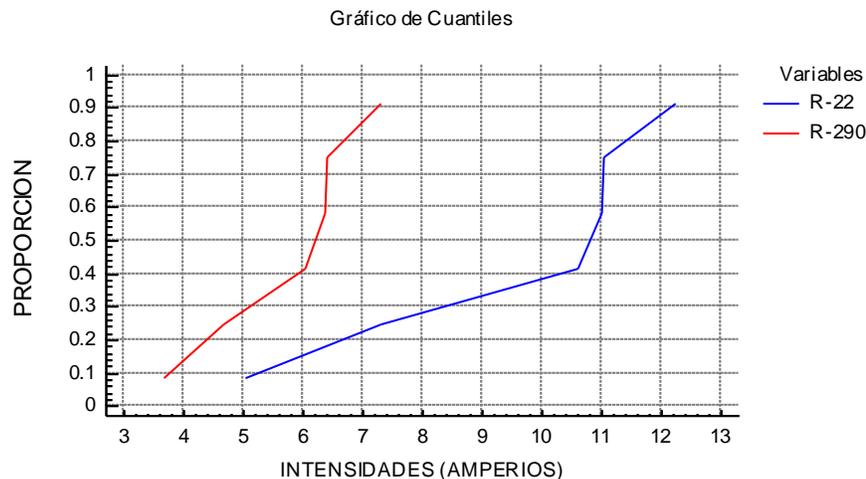
Muestra 2: REFRIGERANTE 2 (INTENSIDAD)

Muestra 1: 6 valores en el rango de 5.02 a 12.22

Muestra 2: 6 valores en el rango de 3.67 a 7.3

El StatAdvisor

Este procedimiento está diseñado para comparar dos muestras de datos. Calculará varias estadísticas y gráficas para cada muestra, y ejecutará varias pruebas para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras.



Resumen Estadístico

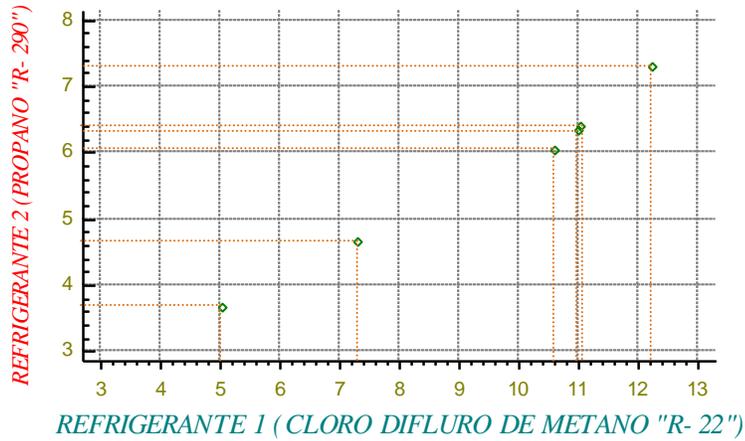
	REFRIGERANTE 1	REFRIGERANTE 2
Recuento	6	6
Promedio	9.53	5.73667
Desviación Estándar	2.75899	1.32326
Coefficiente de Variación	28.9505%	23.0668%
Mínimo	5.02	3.67
Máximo	12.22	7.3
Rango	7.2	3.63
Sesgo Estandarizado	-1.07757	-0.73437
Curtosis Estandarizada	-0.0962652	-0.173876

El StatAdvisor

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Pueden utilizarse otras opciones tabulares, dentro de este análisis, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las

desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

INTENSIDADES (AMPERIOS)



CORRIENTE DE AIRE GRAFICA- ESTADISTICA

Comparación de Dos Muestras - REFRIGERANTE 1 & REFRIGERANTE 2

Muestra 1: REFRIGERANTE 1 (CORRIENTE DE AIRE)

Muestra 2: REFRIGERANTE 2 (CORRIENTE DE AIRE)

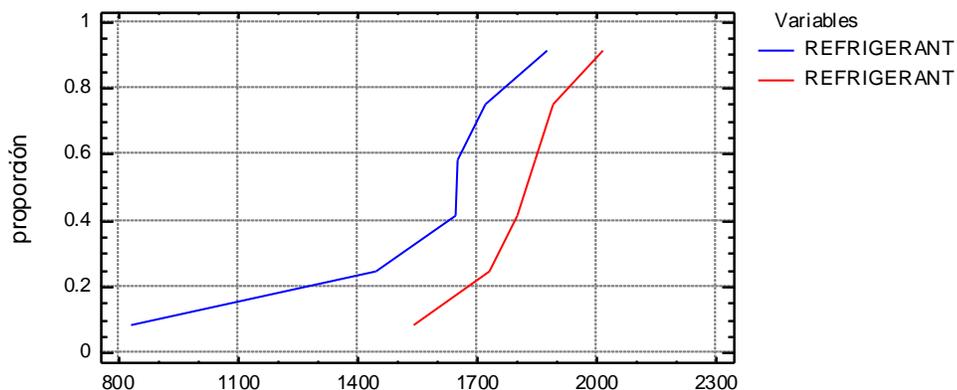
Muestra 1: 6 valores en el rango de 830.0 a 1875.0

Muestra 2: 6 valores en el rango de 1540.0 a 2013.0

El StatAdvisor

Este procedimiento está diseñado para comparar dos muestras de datos. Calculará varias estadísticas y gráficas para cada muestra, y ejecutará varias pruebas para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras.

Gráfico de Cuantiles



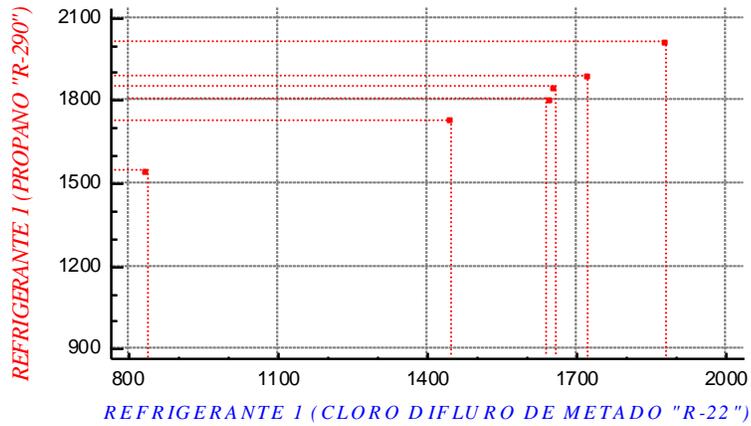
Resumen Estadístico

	<i>REFRIGERANTE 1</i>	<i>REFRIGERANTE 2</i>
Recuento	6	6
Promedio	1527.17	1802.67
Desviación Estándar	368.638	159.86
Coefficiente de Variación	24.1387%	8.86795%
Mínimo	830.0	1540.0
Máximo	1875.0	2013.0
Rango	1045.0	473.0
Sesgo Estandarizado	-1.71718	-0.62194
Curtosis Estandarizada	1.66449	0.522606

El StatAdvisor

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Pueden utilizarse otras opciones tabulares, tro de este análisis, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

CORRIENTE DE AIRE (m³/h)



HUMEDAD GRAFICA- ESTADISTICA

Comparación de Dos Muestras - REFRIGERANTE 1 & REFRIGERANTE 2

Muestra 1: REFRIGERANTE 1 (HUMEDAD)

Muestra 2: REFRIGERANTE 2 (HUMEDAD)

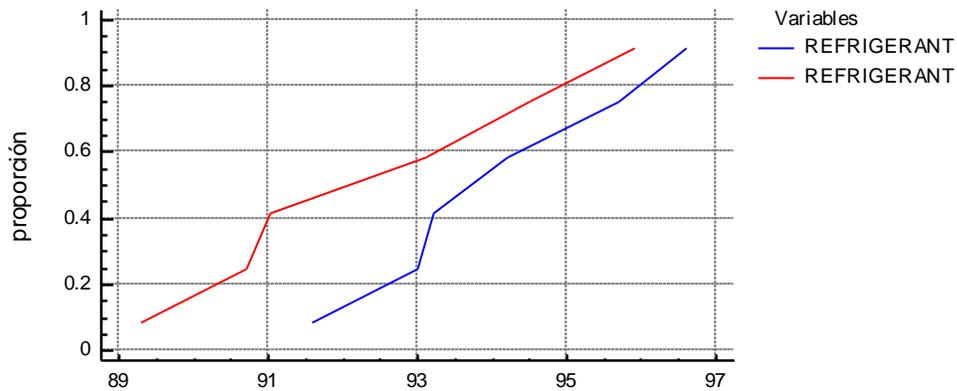
Muestra 1: 6 valores en el rango de 91.6 a 96.6

Muestra 2: 6 valores en el rango de 89.3 a 95.9

El StatAdvisor

Este procedimiento está diseñado para comparar dos muestras de datos. Calculará varias estadísticas y gráficas para cada muestra, y ejecutará varias pruebas para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras.

Gráfico de Cuantiles

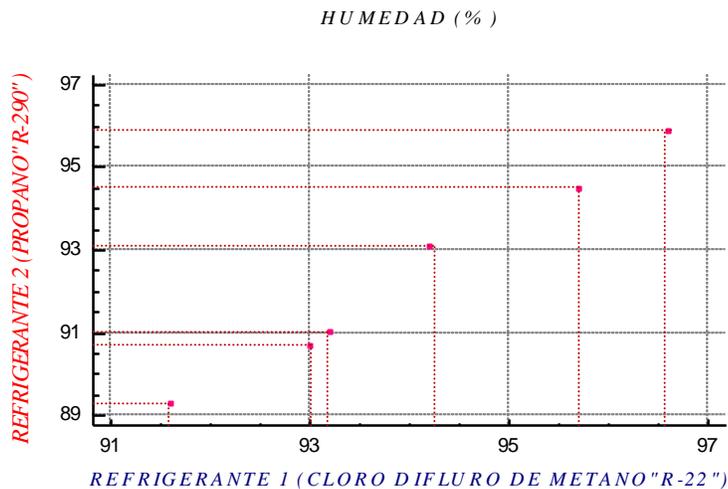


Resumen Estadístico

	REFRIGERANTE 1	REFRIGERANTE 2
Recuento	6	6
Promedio	94.05	92.42
Desviación Estándar	1.84797	2.51205
Coefficiente de Variación	1.96488%	2.71808%
Mínimo	91.6	89.3
Máximo	96.6	95.9
Rango	5.0	6.6
Sesgo Estandarizado	0.218624	0.250827
Curtosis Estandarizada	-0.500125	-0.725999

El StatAdvisor

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Pueden utilizarse otras opciones tabulares, dentro de este análisis, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.



PROPORCIÓN GRAFICA- ESTADISTICA

Comparación de Dos Muestras - REFRIGERANTE 1 & REFRIGERANTE 2

Muestra 1: REFRIGERANTE 1 (PROPORCION DE HUMEDAD)

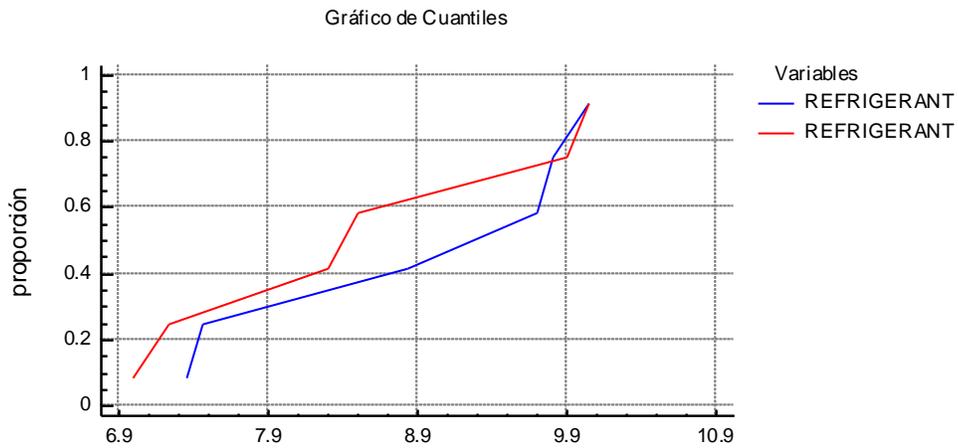
Muestra 2: REFRIGERANTE 2 (PROPORCION DE HUMEDAD)

Muestra 1: 6 valores en el rango de 7.35 a 10.05

Muestra 2: 6 valores en el rango de 6.99 a 10.05

El StatAdvisor

Este procedimiento está diseñado para comprar dos muestras de datos. Calculará varias estadísticas y gráficas para cada muestra, y ejecutará varias pruebas para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras.

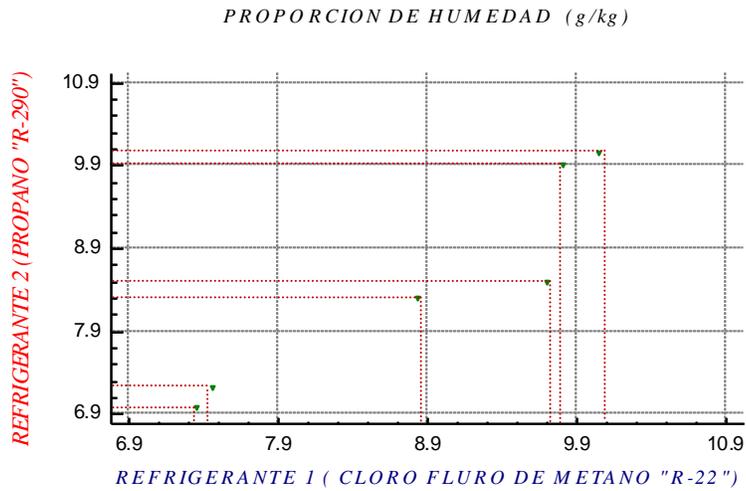


Resumen Estadístico

	<i>REFRIGERANTE 1</i>	<i>REFRIGERANTE 2</i>
Recuento	6	6
Promedio	8.86667	8.495
Desviación Estándar	1.20379	1.28805
Coefficiente de Variación	13.5766%	15.1624%
Mínimo	7.35	6.99
Máximo	10.05	10.05
Rango	2.7	3.06
Sesgo Estandarizado	-0.554355	0.153438
Curtosis Estandarizada	-1.05684	-0.907883

El StatAdvisor

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Pueden utilizarse otras opciones tabulares, dentro de este análisis, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.



TEMPERATURA INTERNA GRAFICA- ESTADISTICA

Comparación de Dos Muestras - REFRIGERANTE 1 & REFRIGERANTE 2

Muestra 1: REFRIGERANTE 1 (TEMPERATURA INTERNA)

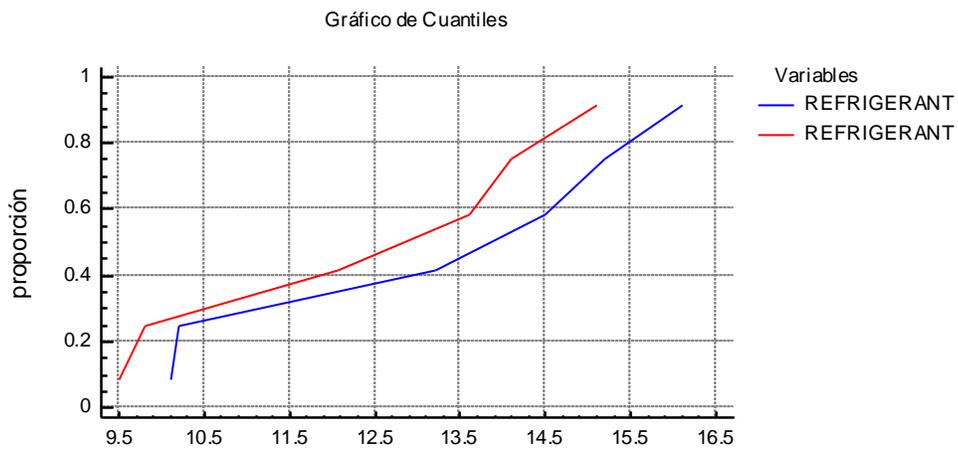
Muestra 2: REFRIGERANTE 2 (TEMPERATURA INTERNA)

Muestra 1: 6 valores en el rango de 10.1 a 16.1

Muestra 2: 6 valores en el rango de 9.5 a 15.1

El StatAdvisor

Este procedimiento está diseñado para comprar dos muestras de datos. Calculará varias estadísticas y gráficas para cada muestra, y ejecutará varias pruebas para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras.

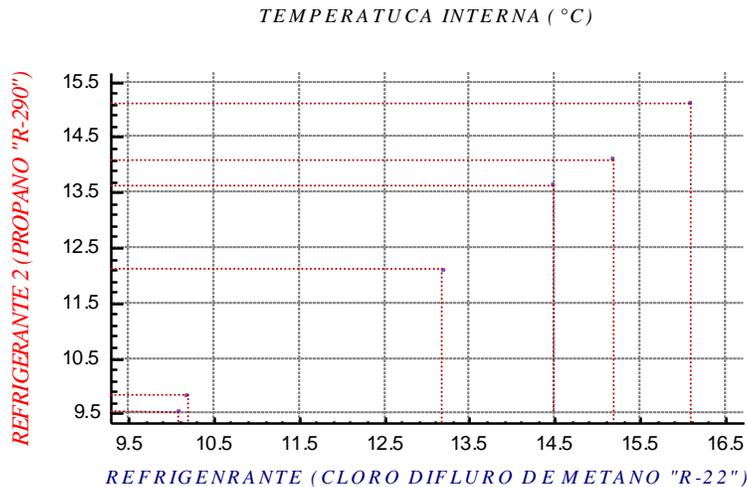


Resumen Estadístico

	REFRIGERANTE 1	REFRIGERANTE 2
Recuento	6	6
Promedio	13.2167	12.36
Desviación Estándar	2.55767	2.31931
Coefficiente de Variación	19.3518%	18.7646%
Mínimo	10.1	9.5
Máximo	16.1	15.1
Rango	6.0	5.6
Sesgo Estandarizado	-0.427467	-0.299432
Curtosis Estandarizada	-0.961935	-0.974881

El StatAdvisor

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Pueden utilizarse otras opciones tabulares, dentro de este análisis, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.



VELOCIDAD DEL VIENTO GRAFICA- ESTADISTICA

Comparación de Dos Muestras - REFRIGERANTE 1 & REFRIGERANTE 2

Muestra 1: REFRIGERANTE 1 (VELOCIDAD DEL VIENTO)

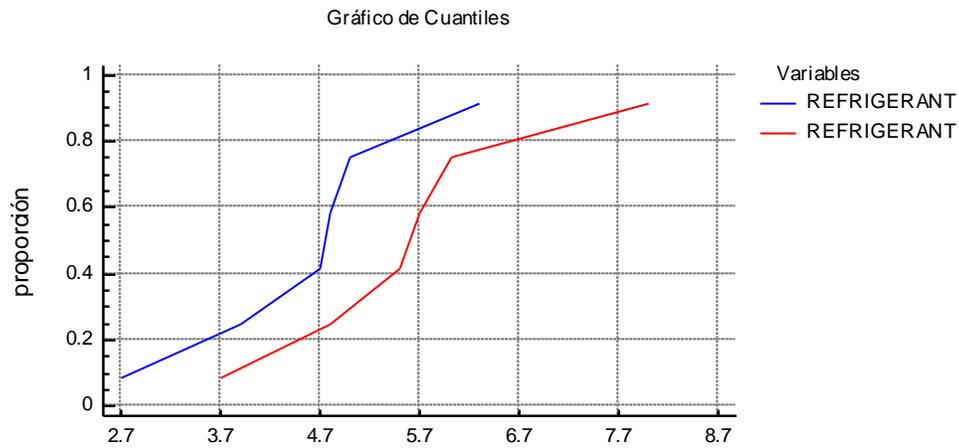
Muestra 2: REFRIGERANTE 2 (VELOCIDAD DEL VIENTO)

Muestra 1: 6 valores en el rango de 2.7 a 6.3

Muestra 2: 6 valores en el rango de 3.7 a 8.0

El StatAdvisor

Este procedimiento está diseñado para comprar dos muestras de datos. Calculará varias estadísticas y gráficas para cada muestra, y ejecutará varias pruebas para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras.



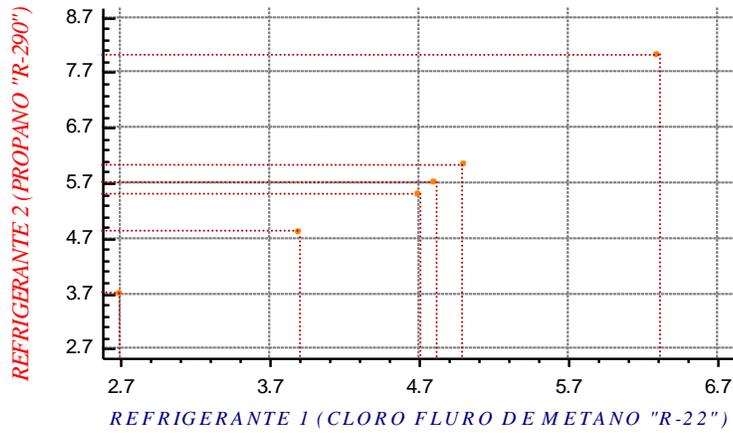
Resumen Estadístico

	<i>REFRIGERANTE 1</i>	<i>REFRIGERANTE 2</i>
Recuento	6	6
Promedio	4.56667	5.62
Desviación Estándar	1.19944	1.42857
Coefficiente de Variación	26.2652%	25.4193%
Mínimo	2.7	3.7
Máximo	6.3	8.0
Rango	3.6	4.3
Sesgo Estandarizado	-0.260161	0.60864
Curtosis Estandarizada	0.494469	0.753525

El StatAdvisor

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Pueden utilizarse otras opciones tabulares, dentro de este análisis, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s g)



TEMPERATURA DE BULBO GRAFICA- ESTADISTICA

Comparación de Dos Muestras - REFRIGERANTE 1 & REFRIGERANTE 2

Muestra 1: REFRIGERANTE 1 (TEMPERATURA DE BULBO)

Muestra 2: REFRIGERANTE 2 (TEMPERATURA DE BULBO)

Muestra 1: 6 valores en el rango de 9.7 a 14.6

Muestra 2: 6 valores en el rango de 9.2 a 13.5

El StatAdvisor

Este procedimiento está diseñado para comprar dos muestras de datos. Calculará varias estadísticas y gráficas para cada muestra, y ejecutará varias pruebas para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las dos muestras.



Resumen Estadístico

	<i>REFRIGERANTE 1</i>	<i>REFRIGERANTE 2</i>
Recuento	6	6
Promedio	12.3	11.1
Desviación Estándar	2.00599	1.63829
Coefficiente de Variación	16.3089%	14.7594%
Mínimo	9.7	9.2
Máximo	14.6	13.5
Rango	4.9	4.3
Sesgo Estandarizado	-0.533392	0.313156
Curtosis Estandarizada	-0.843986	-0.460662

El StatAdvisor

Esta tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de datos. Pueden utilizarse otras opciones tabulares, dentro de este análisis, para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras son estadísticamente significativas. De particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que comparan las desviaciones estándar. En este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado. Ambas curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado.

TEMPERATURA DE BULBO (°C)

