

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ANÁLISIS EXERGÉTICO DE UN EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DE CARGA VARIABLE DE REFRIGERANTE**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs. Araujo G., Betsy A.  
Lara L., Gerardo M.  
Para optar al Título  
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2009

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **ANÁLISIS EXERGÉTICO DE UN EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DE CARGA VARIABLE DE REFRIGERANTE**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Miguel Padilla  
TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Adolfo Franco

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por los Brs. Araujo G., Betsy A.  
Lara L., Gerardo M.  
Para optar al Título  
de Ingeniero Mecánico

Caracas, 2009



Caracas, 27 de abril de 2.009

## ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los bachilleres:

**ARAUJO BETSY y LARA GERARDO**

*Titulado:*

**“ANALISIS EXERGETICO DE UN EQUIPO DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE DE CARGA VARIABLE DE REFRIGERANTE”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Mecánico.

  
Prof. Pedro Lecue  
Jurado



  
Prof. Jorge Rodriguez  
Jurado

  
Prof. Franklin Baduy  
Coordinador del Jurado

“NÚCLEO DE INGENIERIA “ARMANDO MENDOZA” HACIA EL 30° ANIVERSARIO”

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo al Sagrado Corazón de Jesús, mi fiel compañero.  
A mi familia: Beatriz, Rafael Asunción, Rafael José y Anair, a quienes les agradeceré por siempre todo su apoyo, aliento y amor.  
A mis seres queridos: Alejandro, Rosana y Angela, ya son parte de mi familia.  
A mis queridos ahijados: Miguelangel y Rebeca, Dios los bendiga.  
A todos mis amigos que me apoyaron y me acompañaron en este camino.  
A mis compañeros de Industrial Refrimaq, C.A., por su apoyo constante.  
Al Profesor Miguel Padilla, por su voto de confianza.  
Al Profesor Freddy Malpica, por toda su dedicación.  
A Gerardo, quien pasó de ser mi amigo a ser mi compañero de tesis, ahora puedo decir que nuestra amistad se ha fortalecido aún más.  
A todos dedico este trabajo y agradezco de corazón su presencia.

Betsy

En primer lugar quisiera agradecer a Dios, a mi padre por apoyarme y darme con su ejemplo, todo lo que me hizo falta para llegar hoy hasta aquí, a mis hermanos por su ayuda incondicional durante todos mis estudios, especialmente a mi madre por ayudarme y protegerme a lo largo de toda mi vida y en la consecución de mis metas, a mi abuelos, ejemplo de constancia, a mis tíos (Yda, Giovanni, Nano, Clareth, Daniel) por todo su apoyo incondicional, especialmente a mi tía Gisela desde la primera vez que me llevó a la UCV a presentar la prueba interna, y todas las veces que me trajo de vuelta a casa, a mis primos (Victor, Yoli, Aura, Annyell, Masihel, Daniel, Dayan, Henry) por todos esos momentos de alegría, a mis amigos Joan, Luis, Vanessa, Maye, Wilfredo, Daniel, Javier, por todo su apoyo y colaboración, especialmente a Betsy mi compañera de tesis por recorrer este camino juntos, a mi Universidad Central de Venezuela la casa que vence las sombras, a la Escuela de Ingeniería Mecánica, a mis profesores de pregrado por mostrarme el camino a seguir en la ingeniería mecánica, al Prof. Freddy Malpica por todo su apoyo incondicional, al Cuerpo de Bomberos Voluntarios de la UCV por inculcarme “Disciplina, Estudio, Abnegación”, a Denise y Oneida por todas las veces que me ayudaron con tantas solicitudes, a Luz Fuentes por todo su apoyo a lo largo de mis estudios, especialmente a Vanessa Padrón por su ayuda estos últimos meses, con la finalización de mi tesis, a todos los que hicieron esto posible, Gracias.

Gerardo Lara

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Central de Venezuela por brindarnos la oportunidad de formarnos como Ingenieros Mecánicos.

A nuestro tutor académico, el Prof. Miguel Padilla por el ofrecimiento de un tema vanguardista para el nivel de pre-grado como es la Exergía, así también todo su apoyo en la elaboración de éste trabajo.

Al Ingeniero Adolfo Franco por introducirnos en estos productos de alta tecnología.

A la Profesora María de Los Ángeles Rodríguez por todo el apoyo y participación para la realización de la defensa de la tesis.

Al Prof. Alexander Cepeda de la Escuela de Ingeniería Eléctrica por su asistencia técnica con el equipo de medición de variables eléctricas y la solidaridad prestada.

Al Prof. Franklin Baduy por su toda su valiosa disposición, colaboración y tiempo dedicado en la consecución de este trabajo.

Al Prof. Lecue, por su entera disposición a colaborar.

A Oneida, por toda su ayuda y valiosa colaboración.

A los Profesores, Compañeros de Estudio y Amigos que nos brindaron su apoyo en determinados momentos.

A Industrial Refrimaq C.A., por la oportunidad brindada para el estudio de sus equipos, el acceso a la Academia, y demás facilidades prestadas para el buen desarrollo de éste trabajo.

Al personal de Industrial Refrimaq C.A., en especial al departamento de proyectos, Ingenieros: Adolfo Santana, Adrián Castro, Gustavo González, Rafael Rubio, Claudia Cantor y al personal técnico: José Antonio Jackman y Estibar.

Muy especialmente a la asesoría brindada por el Prof. Freddy Malpica, quien nos ofreció su total disposición en asistirnos en la metodología del mismo, dando aportes claves y siendo apoyo constante en el período más necesario del desarrollo de nuestro trabajo.

**Araujo G. Betsy A. y Lara L. Gerardo M.**

**ANÁLISIS EXERGÉTICO DE UN EQUIPO  
DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE  
DE CARGA VARIABLE DE REFRIGERANTE**

**Tutor Académico: Prof. Miguel Padilla. Tutor Industrial: Ing. Adolfo Franco.**

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.  
Escuela de Ingeniería Mecánica. 2009, n° pág. 117**

Exergía, Aire Acondicionado, Compresor Inversor, Velocidad Variable, Carga Variable, R-22, Refrigeración, Compresión de Vapor.

Se realizó el análisis exergético de un equipo de acondicionamiento de aire, el cual opera con carga variable de refrigerante, compuesto por un compresor de velocidad variable, otro de velocidad constante, un condensador y múltiples evaporadoras con válvulas electrónicas lineales de expansión. Se procedió a realizar el estudio calculando las variables termodinámicas por el enunciado de la Primera Ley y con ajustes de curvas de las propiedades del refrigerante R-22, posteriormente, calculando las irreversibilidades en cada uno de los componentes y su eficiencia exergética. Se tomó la data de las variables termodinámicas con el programa que opera el equipo (LGMV), el cual recibe la información por sensores ubicados a lo largo del sistema, así también se recopiló el consumo eléctrico correspondiente al funcionamiento, con diferentes condiciones en el recinto y ambiente exterior, usando hojas de cálculos se obtuvieron las irreversibilidades, flujos exergéticos, y eficiencia exergética, finalizando con la elaboración de gráficas. Se recomendaron mejoras en los procesos del equipo para así disminuir las pérdidas reflejadas.

**Araujo G. Betsy A. and Lara L. Gerardo M.**

**EXERGETIC ANALYSIS OF A REFRIGERANT VARIABLE  
LOAD AIR CONDITIONING EQUIPMENT**

**Academic Tutor: Professor Miguel Padilla. Industrial Tutor: Engineer  
Adolfo Franco.**

**Thesis. Caracas, U.C.V. Engineering Branch.  
Mechanical Engineering School. 2009, number of pages 117**

Exergy, Air Conditioner, Inverter Compressor, Variable Speed, Variable Load,  
R-22, Refrigeration, Steam Compression.

An exergetic analysis of an air conditioning equipment was carried out. The equipment works with refrigerant variable load. It is made up of a variable speed compressor, an additional constant speed compressor, besides of a condenser and multiple expansion linear electronic valve evaporators. The study was accomplished by calculating the thermodynamic variables using the First Law statement and with curve adjustments from the R-22 refrigerant properties. Subsequently, the irreversibility and exergetic efficiency was calculated at each of the components. Data for the thermodynamic variables were measured with the equipment operating program (LGMV), which receives the information through out sensors located all along the system. The operating power consumption was gathered in the same manner, with different conditions inside and external surroundings. The irreversibilities, exergetic flows and efficiency as well as final graphs were obtained with the use of spread sheets. Improvement in the equipment processes were recommended in order to diminish the registered losses.

## NOMENCLATURA

$IC$	Intensidad de corriente, A (amperios)
$Volt$	Tensión, V (voltios)
$FP$	Factor de potencia
$PA$	Potencia activa, kW
$T$	Temperatura, K
$m$	Flujo másico, kg/s
$Q$	Calor, kW
$W$	Trabajo realizado, kW
$E$	Energía de masa, kW
$q$	Calor específico transferido, kJ/kg
$w$	Trabajo específico realizado, kJ/kg
$h$	Entalpía específica, kJ/kg
$s$	Entropía específica, kJ/kg
$\psi$	Flujo de exergía, kJ/kg
$I$	Irreversibilidad, kW
$i$	Irreversibilidad específica, kJ/kg
$\Phi$	Transferencia de exergía por calor, kJ/kg
$TR$	Toneladas de Refrigeración
$P$	Presión, kPa
$v$	Volumen específico, m <sup>3</sup> /kg
$DV$	Desplazamiento volumétrico, m <sup>3</sup> /rev
$h_f$	Caída de presión, metros de fluido
$L$	Longitud de tubería, m
$D$	Diámetro, m
$V$	Velocidad del fluido, m/s
$f$	Factor de fricción
$G$	Gravedad, m/s <sup>2</sup>
$\Delta P$	Caída de presión, kPa
$\rho$	Densidad, kg/m <sup>3</sup>
$Re$	Número de Reynolds
$\mu$	Viscosidad dinámica del fluido, microPa/s
$\epsilon$	Emitancia
$c$	Constante de Stefan-Boltzmann, W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>
$\bar{h}_r$	Coefficiente de radiación, W/m <sup>2</sup> .K
$h_{r+c}$	Coefficiente combinado de radiación y convección, W/m <sup>2</sup> .K



## Subíndices

<i>d</i>	Descarga de los compresores
<i>2a</i>	Salida del compresor de frecuencia variable
<i>2b</i>	Salida del compresor estándar
<i>t</i>	Total
<i>Comp</i>	Compresor
<i>Cond</i>	Condensador
<i>Evap</i>	Evaporador
<i>1</i>	Salida evaporador, Entrada compresor
<i>2</i>	Salida compresor, entrada condensador
<i>3</i>	Salida condensador, entrada válvula de expansión
<i>4</i>	Salida válvula de expansión, entrada evaporador
<i>Tub</i>	Tuberías
<i>e</i>	Entrada
<i>s</i>	Salida, Superficie (en transferencia de calor)
<i>v.c.</i>	Volumen de control
<i>gen</i>	Generada
<i>0</i>	Estado muerto
<i>j</i>	Términos de sumatoria
<i>Valv</i>	Válvula de Expansión
<i>R</i>	Reservorio
<i>Elect</i>	Eléctrica
<i>vv</i>	Velocidad variable
<i>amb</i>	ambiente

# ÍNDICE

<b><i>Introducción</i></b>	1
<b><i>Capítulo 1: El Problema de Investigación</i></b>	
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Formulación del Problema	3
1.3 Objetivos Planteados y Logrados	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
<b><i>Capítulo 2: Marco Teórico</i></b>	
2.1 Antecedentes de la Investigación	6
2.2 Bases Teóricas	9
2.2.1 Acondicionamiento de Aire	9
2.2.2 Estimación de la Carga Térmica	14
2.2.3 Fundamentos de Electricidad	15
2.2.4 Fundamentos de Termodinámica	16
2.2.5 Fundamentos de Mecánica de Fluidos	30
2.2.6 Fundamentos de Transferencia de Calor	31
<b><i>Capítulo 3: Marco Metodológico</i></b>	
3.1 Nivel de Investigación	37
3.2 Diseño de Investigación	37
3.3 Población y Muestra	38
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	39
3.5 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	40
3.6 Fases de la Investigación	40
3.7 Limitaciones	42
<b><i>Capítulo 4: Discusión de Resultados</i></b>	
4.1 Factores a considerar	43
4.2 Resultados Obtenidos	47

4.3 Análisis de Resultados	57
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	62
<b>Referencias Bibliográficas</b>	64
<b>Apéndice</b>	67
<b>Anexos</b>	106

*Lista de Tablas, Diagramas y Gráficos*

Tabla No. 1 Especificación de Unidades Internas	19
Tabla No. 2 Promedio de Caída de Presión	50
Tabla No. 3 Promedio de Caída de Presión Unitaria por Tramo	51
Tabla No. 4 Promedios de Transferencia de Calor	51
Tabla No. 5 Irreversibilidades por Componente	56
Diagrama No. 1 Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor	16
Diagrama No. 2 Ubicación de Sensores	20
Diagrama No. 3 Esquema de la Instalación en el Sistema	20
Gráfico No. 1 Potencia Eléctrica	48
Gráfico No. 2 Velocidad de Giro de Compresores	49
Gráfico No. 3 Flujo Másico	49
Gráfico No. 4 Verificación de Ciclo Cerrado	50
Gráfico No. 5 Irreversibilidades Compresores	52
Gráfico No. 6 Irreversibilidad Condensador	53
Gráfico No. 7 Irreversibilidades Válvulas	53
Gráfico No. 8 Irreversibilidades Evaporadoras	54
Gráfico No. 9 Eficiencia Exergética	55
Gráfico No. 10 Distribución de Irreversibilidad Promedio	56

## **Introducción**

El acondicionamiento de aire es el proceso donde se trata el mismo en un ambiente interior con el fin de establecer y mantener los estándares requeridos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento, logrando mayor confort y salud a las personas.

En los últimos años se han puesto en evidencia las ventajas económicas de proporcionar aire acondicionado a empleados y familias. Hoy, el crecimiento tecnológico del aire acondicionado ha sido enorme, tanto para residencias como para locales, almacenes, grandes edificios y sitios de trabajo.

La conservación de la energía, el uso de la electrónica y programación se han vuelto aspectos muy importantes en el campo del acondicionamiento de aire, ameritando un énfasis especial. El esfuerzo para conservar la energía y reducir los costos ha revolucionado el diseño y la operación de los equipos. Uno de los mayores cambios es el uso de computadoras, ayudando a diseñar, seleccionar los equipos y operar los sistemas.

Según Cedeño (2006), es hasta 1982 cuando es introducido en Japón los primeros equipos de capacidad variable de refrigerante, el cual entra en la clasificación de los sistemas de expansión directa sólo que a diferencia de los equipos tradicionales este puede ser conectado a varios evaporadores en una sola línea de distribución de refrigerante con una unidad condensadora.

En estos equipos de capacidad variable de refrigerante (CVR) se regula el caudal internamente con un variador electrónico de velocidad, modificándose la frecuencia y tensión de alimentación al compresor para que varíe su velocidad y por ende el flujo volumétrico de refrigerante hacia el sistema, donde a su vez posee válvulas de expansión electrónicas en la unidad evaporadora que nos brinda un control de temperatura de los espacios a acondicionar con variaciones mínimas. (Cedeño, 2006).

La termodinámica ofrece la posibilidad de realizar estudios de energía y así establecer indicadores de eficiencia y las posibles direcciones a tomar para realizar mejoras en los equipos. La primera ley de la termodinámica dice cuanta energía emplea una tarea, en cambio, la segunda ley permite investigar los problemas de un uso más eficiente de la energía. Para cuantificar la cantidad de energía que se puede extraer como trabajo útil, se necesita conocer el potencial de trabajo, para esto se realiza un análisis exergético. La exergía, a diferencia de la energía, es una propiedad que depende tanto del sistema como del ambiente. Por lo que se procedió a realizar un análisis exergético en cada componente del equipo estudiado, logrando avanzar en un análisis práctico para determinar la eficiencia y mejoras del mismo, en un determinado estado.

## **Capítulo 1: El Problema de Investigación**

### ***1.1. Planteamiento del Problema***

El modelo Multi-V de la casa LG, es un equipo que posee una técnica que maximiza el control de altas cargas térmicas. El equipo tiene el control de todas las capacidades por el variador de velocidad electrónico en uno de los compresores y válvulas electrónicas de expansión en cada una de las unidades internas. Es un sistema de acondicionamiento de aire de gran capacidad.

Se planteó realizar un análisis exergético, en donde es factor importante la ubicación física en la que se encuentra instalado el equipo de CVR, siendo la zona tropical, donde todos los parámetros de temperatura y humedad cambian respecto a las zonas donde se fabricaron y se realizaron las pruebas convenientes. Se procedió a determinar y analizar los posibles factores que influyen en la eficiencia de Segunda Ley de la Termodinámica, tales como la caída de presión en las tuberías, la transferencia de calor y entropías generadas en cada uno de los componentes, y la potencia requerida por el equipo.

### ***1.2. Formulación del Problema***

Realizar el análisis exergético de un equipo de acondicionamiento de aire de carga variable de refrigerante, en la zona tropical, para condiciones regulares de operación.

### ***1.3. Objetivos planteados y logrados***

#### **1.3.1. Objetivo General**

Realizar un análisis exerético de un equipo de acondicionamiento de aire de carga variable de refrigerante (CVR).

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar cuales son los avances logrados en el área de acondicionamiento de aire con sistemas basados en capacidad variable de refrigerante así como a otros sistemas utilizados actualmente.
- Definir un espacio para realizar las distintas pruebas, así también definir el sistema, fronteras y ambiente.
- Definir los límites de confort del espacio seleccionado.
- Seleccionar los parámetros de estudio para poder realizar el análisis exerético.
- Definir las diferentes condiciones de operación a ser estudiadas.

- Estimar la carga térmica para la condición de operación del equipo.
- Verificar el comportamiento del equipo para cada condición, utilizando los parámetros seleccionados.
- Recopilar los datos termodinámicos y los de consumos eléctricos para cada condición.
- Analizar los diferentes parámetros obtenidos y graficar los resultados.



## Capítulo 2: Marco Teórico

### *2.1. Antecedentes de la Investigación*

A continuación se presentan algunos trabajos desarrollados en Venezuela y el mundo relacionados con sistemas de CVR y con la empresa Industrial Refrimaq C.A.:

**Youn C., Young C. y Man-Ki M. (2001):** Desarrollaron un proyecto donde se analiza el comportamiento de un aire acondicionado CVR a determinadas condiciones. El análisis se realizó con variaciones en la velocidad de operación del compresor, carga de enfriamiento impuesta en el equipo y fracciones de carga conocidas en cada uno de los compartimientos con evaporadores. Se calculó la apertura óptima de la válvula de expansión electrónica (VEE) para ciertas velocidades de operación del compresor y cargas térmicas conocidas. Con el incremento de la velocidad de operación del compresor, por un aumento de la carga térmica solicitada, la VEE debe ajustarse para obtener el máximo rendimiento en el sistema. Mientras la carga total permanece constante se varió la fracción de carga en cada compartimiento y se estudió el comportamiento de cada evaporador y la VEE correspondiente, esta diferencia produjo una reducción en el rendimiento del sistema y se resalta que la carga total permaneció constante.

**Apra C. y Greco A. (2002):** Realizaron un análisis exergético comparativo entre el refrigerante R-22 y un refrigerante sustituto, a través de pruebas experimentales para una planta de compresión de vapor trabajando con

agua y aire como fluidos secundarios en el condensador y en el evaporador, respectivamente. El funcionamiento exergético total de la planta con R-22 resultó ser mucho mejor que el sustituto. Se analizó individualmente cada componente para establecer claramente la contribución de cada uno en decrecer el funcionamiento exergético del R407C.

**Cantor, C. (2003):** Demuestra el comportamiento eficaz del compresor tipo Scroll y comprueba la significativa capacidad de ahorro energético que lo caracteriza. Esto lo logra diseñando y construyendo un Banco de Pruebas para compresores de refrigeración de desplazamiento positivo, uno tipo Scroll y otro tipo Reciprocante. Se concluye que el Compresor Scroll se desempeña mejor que el Compresor Reciprocante en un sistema de refrigeración, se comprobó a partir de la determinación del trabajo de compresión, la eficiencia y la potencia eléctrica consumida. El Compresor Scroll requiere menos trabajo de compresión, posee mayor eficiencia y menor potencia eléctrica, por lo tanto se comprobó que es un gran ahorrador energético.

**Apra, C., Mastrullo, R. y Renno, C. (2004):** Evalúa el ahorro de energía de una planta de refrigeración, que utiliza un algoritmo de lógica difusa para variar la velocidad del compresor, en comparación con los mecanismos tradicionales que operan a velocidad constante, se usan dos refrigerantes para las pruebas R407C y R507C. Se comprobó que se puede ahorrar hasta un 13% de energía para el caso del refrigerante R407C, para desarrollar esto se realizó un análisis energético en ambos equipos.

**Shuangquan, S., Wenxing, S., Xianting, L. y Huajun, C. (2004):** desarrollaron un proyecto de representación del comportamiento de

compresores de velocidad variable para sistemas de aire acondicionado CVR basados en datos experimentales. Se compara el comportamiento de tres compresores para el rango de velocidades de operación y se observa que el error relativo entre los datos suministrados por los fabricantes y los obtenidos varían de un 2 a un 4 por ciento, generan un modelo que se puede usar para evaluar los compresores de sistemas de acondicionamiento de aire CVR.

**Dávila, C. y Gómez P. (2004):** estudiaron la factibilidad de cambiar el sistema de aire acondicionado del Teatro Municipal de Caracas de manera eficiente y rentable a largo plazo, por un sistema de caudal variable de refrigerante.

**González, J. y Almas, N. (2006):** realizaron un estudio comparativo de funcionamiento para verificar la calidad del aire interior y el consumo eléctrico de un sistema de aire acondicionado de 5 toneladas, marca LG, tipo Split, una unidad condensadora de Multi-consola, bajo las condiciones climáticas de la ciudad de Maracaibo.

**Rosas, I. y Villarreal, E. del C. (2007):** rediseñaron y automatizaron un sistema de acondicionamiento de ambiente a ser instalado en una vivienda unifamiliar ubicada en Valencia. Se realizó un estudio de cargas térmicas por el método tradicional bajo las condiciones de confort establecidas, con la finalidad de conocer las condiciones mínimas de operación del equipo y así establecer alternativas de solución acordes con los requerimientos. Posteriormente se realizó un estudio económico comparando el costo equivalente anual de los sistemas de aire acondicionado planteados por medio del costo del consumo energético que éstos generan y el costo de inversión inicial.

## ***2.2. Bases Teóricas***

### **2.2.1. Acondicionamiento de Aire**

La mayor parte de los sistemas de acondicionamiento de aire se usan para dar confort a las personas, o en el control de procesos. Determinados rangos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento de aire son confortables, otros no.

#### ***Límites de Confort***

Según ASHRAE (2000), los límites de confort a considerar al momento de diseñar se encuentran entre 20 °C y 24 °C y un 50% de humedad relativa, rango de condiciones saludables para las personas.

Para los límites de confort se tomó una temperatura de veinte (20) grados centígrados.

#### ***Sistema Integral de Acondicionamiento de Aire***

El sistema estudiado es de expansión directa, utilizando el refrigerante como fluido para transferir el calor y disminuir la temperatura del medio a acondicionar.

El sistema está compuesto por un compresor de velocidad fija y otro de velocidad variable, así como de un condensador y seis unidades internas, que a su vez están compuestas por una válvula lineal y un evaporador. En la unidad

exterior existe una válvula principal para el control del caudal de refrigerante, y se realiza un sub-enfriamiento por medio de un circuito inmediato a ésta, el cual garantiza que a la salida de ella el refrigerante se encuentre en fase líquida, también posee un sistema de sobre-calentamiento que garantiza la entrada de vapor al compresor.

Cada unidad evaporadora posee una válvula electrónica de expansión, asegurando el correcto aprovechamiento de las propiedades del refrigerante en el espacio a acondicionar.

Tanto la unidad externa como las internas son manipuladas con un control maestro, el cual coordina cada una de las válvulas y la velocidad de los compresores con variadores de electrónicos de velocidad, para que la carga en cada unidad interna sea la adecuada.

### ***Componentes mecánicos, eléctricos y de control***

- Refrigerante

Sustancia encargada de transferir calor de un recinto de baja temperatura a alta temperatura. Su punto de ebullición está por debajo de la temperatura requerida, tiene un alto calor de vaporización y alta densidad de vapor.

El refrigerante utilizado en el sistema de estudio es de la familia de los hidrofluorocarbonos, específicamente el monoclorodifluorometano [CHClF<sub>2</sub>] conocido comercialmente como R-22, actualmente es el refrigerante más

utilizado en sistemas de aire acondicionado, se fabrica desde 1936 y se utiliza en sustitución del amoníaco en sistemas refrigeración comercial, su potencial de agotamiento del ozono es menor que los clorofluorocarbonos (CFC), sin embargo, por ser agotador de la capa de ozono la producción y empleo de este refrigerante será reducida a partir del 2014 y eliminada para el 2040.

- Unidad Externa

Equipo que contiene el condensador, el compresor, el sistema electrónico, el sistema de control y los ventiladores para mantener el flujo de aire a través de la unidad. Esta unidad debe ser conectada a una fuente de energía y al grupo de unidades internas a través de un par de tuberías y un cable de control. Para este estudio se contó con una (1) unidad exterior.

- Compresor

Equipo necesario para aumentar la presión del fluido, son del tipo Scroll, marca LG.

- Compresores de Velocidad Variable

Unidad de compresión con un dispositivo electrónico que permite variar la velocidad de giro del rotor, de este modo se varía la cantidad de refrigerante comprimido.

- Condensador

Intercambiador de calor, que transfiere energía en forma de calor desde un fluido que cambia de fase de vapor a líquido hacia el ambiente o alrededores.

- Sub-enfriamiento

Luego de que el fluido atraviesa el condensador, este ingresa a un circuito de sub-enfriamiento, conocido comercialmente como “Sub-Cooling Circuit”, este toma parte del refrigerante y lo hace pasar a través de una válvula de expansión, e ingresa a un intercambiador de calor de doble tubo, donde el refrigerante que viene del condensador pierde calor y de este modo se garantiza la salida de líquido sub-enfriado hacia las unidades internas, el refrigerante que se extrajo de la tubería principal retorna al tanque acumulador de los compresores.

- Sobre-calentamiento

El flujo de refrigerante correspondiente a la unión de las salidas de ambos compresores, pasa por un dispositivo llamado “válvula de gas caliente” (hot gas valve), que dependiendo de la cantidad de líquido presente en el acumulador a la entrada de los compresores, ella se abre, enviando vapor sobrecalentado a este recipiente, asegurando la condición de que el estado sea de vapor al entrar a los compresores.

- Unidad Interna

Equipo donde se encuentra la válvula de expansión y el evaporador, además posee ventiladores que mantienen el flujo de aire pasando a través de los serpentines del evaporador, ésta lleva una conexión para la alimentación eléctrica y un par de tuberías que van hacia la unidad externa. El sistema a estudiar estaba compuesto por seis (6) unidades internas, las cuales se adaptaron a los requerimientos térmicos y/o arquitectónicos del lugar.

- Evaporador

Unidad que permite el intercambio de calor, desde el medio ambiente hacia el fluido, de modo tal que cambia de fase, de líquido a vapor.

- Válvulas Electrónicas de Expansión

Son válvulas del tipo aguja, diseñadas para la regulación del caudal de refrigerante, y se posicionan por medio de pulsos eléctricos.

- Control Electrónico (LGMV)

Software desarrollado por la compañía LG, permitió la medición en el proceso de los parámetros de estudio requeridos, además de proporciona el control del equipo al usuario, todo en tiempo real, el control se hace utilizando la Lógica Difusa, conocida comercialmente como “Fuzzy Logic”.

- Lógica Difusa

Según Tremante (2001) la lógica difusa se basa en la teoría de conjuntos difusos, y en la comunicación humana, por eso se adapta mejor a la respuesta del hombre. Permite describir el comportamiento del sistema usando términos lingüísticos que se usan comúnmente. Además, imita al pensamiento humano, pues usa reglas que tienen la información del conocimiento o la experiencia de un operador experimentado en el proceso. Son útiles para sistemas complejos que incluyen no linealidades e incertidumbres, sistemas con información imprecisa, incierta y/o subjetiva.

A diferencia de los controladores convencionales, los controladores con lógica difusa se basan en la experiencia humana, en términos de reglas si-



entonces. En los controladores convencionales se construyen a partir de un modelo matemático del proceso y luego con esto se diseñan.

La respuesta de un sistema que utiliza un controlador difuso, a través del tiempo se acerca más al objetivo que se desea, en comparación con los controladores convencionales, donde se genera una curva de vibración amortiguada.

## **2.2.2. Estimación de la Carga Térmica**

### ***Condiciones del proyecto***

Las condiciones del proyecto, determinaron el contenido de calor del aire, tanto del interior como del exterior, afectando directamente a la capacidad del equipo de acondicionamiento, ejerciendo su influencia sobre la transmisión de calor a través de la estructura externa del edificio y la diferencia entre el contenido de calor del aire del interior y del exterior.

Las condiciones de ambiente interior para un local de tipo comercial son las recomendadas para casos generales de acondicionamiento de aire. La mayoría de las personas se encuentran plácidas a 24°C de temperatura con una humedad comprendida entre el 45 y el 50%.

### ***Software para Cálculo de Carga Térmica LG***

La aplicación LG para la solución técnica de cálculo de cargas térmicas en el acondicionamiento de aire, es un programa para ingenieros de la industria de HVAC, llamado LATS-LOAD.

Este programa puede ser utilizado en Windows 98 SE, Windows NT 4.0 Workstation, Windows 2000 Edición Profesional y Windows XP Edición Profesional.

Se realizó la estimación de la carga térmica a través de éste programa, el cual hace todas las consideraciones necesarias en cuanto a cargas externas, internas, tipos de materiales, relación con los puntos cardinales, así también como la latitud y longitud.

### **2.2.3. Fundamentos de Electricidad**

Potencia activa se define como la cantidad de trabajo por unidad de tiempo realizado por una corriente eléctrica.

Es la cantidad de energía eléctrica que es transformada en trabajo físico. Cuando se refiere de consumo eléctrico, es esta potencia la que se utiliza para determinar dicho consumo. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$PA = IC.Volt.FP \quad (2.1)$$

## 2.2.4. Fundamentos de Termodinámica

### *Ciclo Termodinámico de Refrigeración por Compresión de Vapor*

El ciclo termodinámico de refrigeración por compresión de vapor, es el más empleado en refrigeradores, sistemas de acondicionamiento de aire y bombas de calor. Este ciclo ideal está compuesto de cuatro procesos típicos, ver diagrama N° 1:

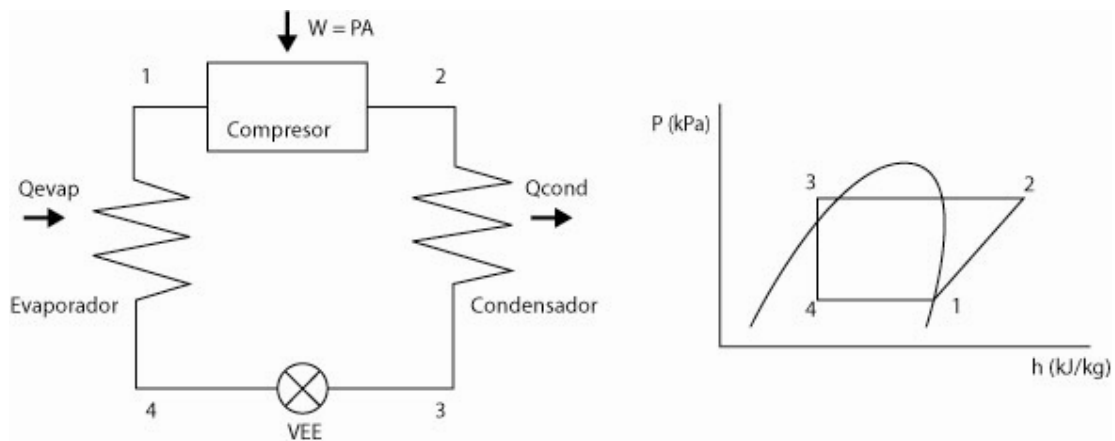
1-2 Compresión adiabática.

2-3 Condensación isobárica desde vapor sobrecalentado hasta líquido sobre-enfriado.

3-4 Expansión adiabática e isoentálpica a través de una válvula de expansión termostática o un tubo capilar.

4-1 Evaporación parcial del refrigerante hasta vapor sobrecalentado.

Diagrama N° 1. Ciclo de Refrigeración por compresión de vapor.



Un ciclo real de refrigeración por compresión de vapor difiere de uno ideal en varias maneras, debido principalmente a las pérdidas que suceden en todos los componentes. Dos fuentes comunes son la fricción del fluido, provocando caídas de presión, y la transferencia de calor hacia o desde los alrededores a través de diferencias finitas de temperatura.

### ***Descripción del Sistema y Parámetros de Estudio***

El espacio utilizado fue la academia de aire acondicionado LG, Industrial Refrimaq, C.A.; el sistema estudiado fue un equipo de acondicionamiento de aire, tipo Multi-V de una (1) unidad externa y seis (6) unidades internas; las fronteras fueron los límites físicos de cada componente; y el ambiente fue definido por la presión y temperatura local.

Se midieron las siguientes variables, ver diagrama N° 2:

- Frecuencia eléctrica del compresor de velocidad variable (A).
- Presión de la línea de alta (B).
- Temperatura del aire, en el lado exterior y en cada una de los evaporadores (C).
- Temperatura del refrigerante, de entrada en el acumulador de líquido (D).
- Temperatura de salida en cada uno de los compresores (E).

- Temperatura del refrigerante, en la salida del condensador y en la entrada y salida de cada uno de los evaporadores (F).
- Pulsos eléctricos con que operan cada una de las válvulas de expansión (G).

Paralelamente, se obtuvieron las siguientes variables eléctricas de operación:

- Tensión, en cada una de las tres fases de acometida del equipo.
- Intensidad de corriente, en cada una de las tres fases de acometida al equipo.
- Factor de Potencia.

El sistema estudiado se puede observar en el Diagrama N° 3.

Se indican los tramos de tuberías, para el estudio de caída de presión (T1, T2, T3,..., T11), además se indican las dimensiones de las tuberías líquido y vapor (Ej: T4  $\frac{1}{2}$  :  $\frac{3}{4}$ ) y la longitud de los tramos en pies.

Las especificaciones de las unidades internas y su numeración en cuanto a la toma de datos se observan en la tabla N° 1.

Tabla N° 1

Modelo	Tipo de Unidad	Capacidad (kBTU)	N° UNIDAD
LRNV242BHA0	Fan Coil	24	2
LRNV122BTG0	Fan Coil	12	1
LRNV182TEA0	Cassette 4 vías	18	6
LRNV282TDA0	Cassette 4 vías	28	5
LRNV122SUR0	Art Cool Deluxe	12	4
LRNV122SPM0	Art Cool	12	3

#### Temperatura de descarga de los compresores

Debido a que no hay un sensor de temperatura en la entrada del condensador, pero si hay sensores en la salida de cada compresor, se consideró que al unirse ambos flujos másicos, correspondientes al compresor de velocidad variable y al compresor estándar, deben llegar a un equilibrio térmico entre ellos, y para calcular la temperatura resultante se promedió éstos considerando el flujo másico que pasa por cada compresor, dando un estimado aceptable para poder avanzar en el estudio. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$T_d = \frac{T_{2a} * m_{2a} + T_{2b} * m_{2b}}{m_t} \quad (2.2)$$

Diagrama N° 2. Ubicación de los sensores en el sistema.

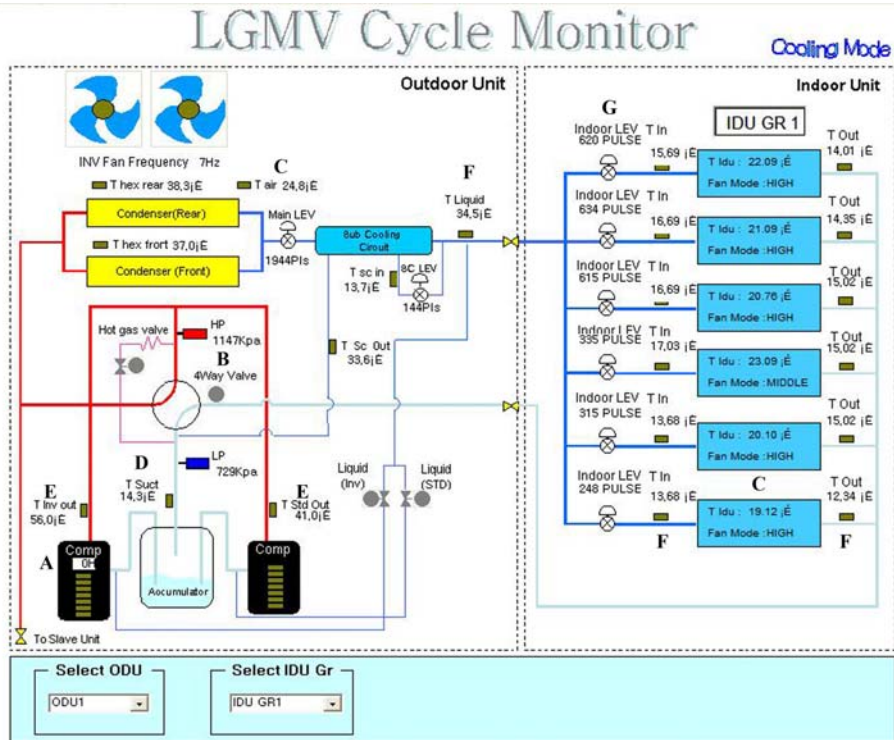
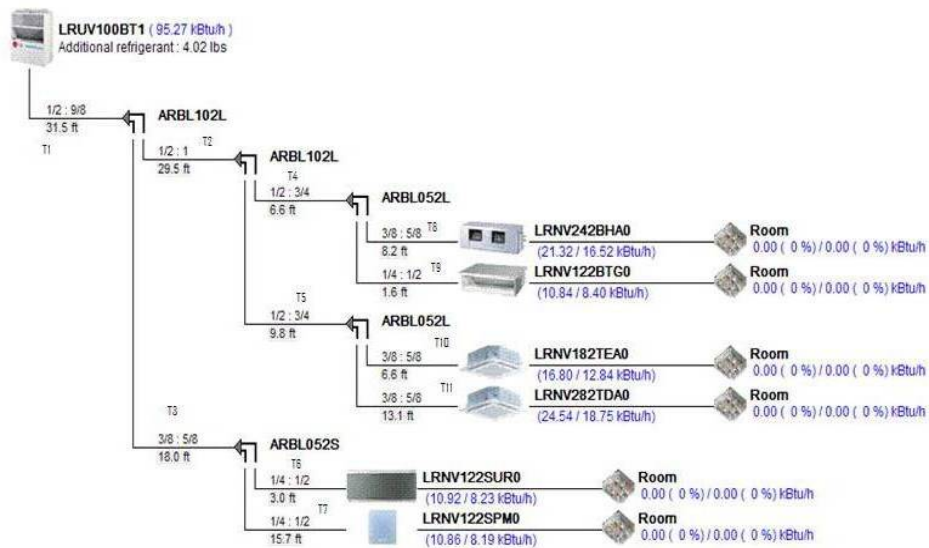


Diagrama N° 3. Esquema de la Instalación.



## *Análisis Exergético*

Según Martínez (2004) la primera ley de la termodinámica establece que la energía se transforma de un tipo a otro, de modo que el total permanece constante, entonces ¿Cómo se puede entender el problema de energía, si el valor total permanece constante? La respuesta se encuentra en el segundo principio de la termodinámica, todo flujo de energía, termina por convertirse por ejemplo: en transferencia de calor a la temperatura ambiente, y esta energía deja de ser utilizable.

Hasta esta degradación final al estado muerto, la energía puede ser convertida en trabajo útil. Esta calidad intrínseca a cada forma de energía puede medirse y expresarse numéricamente y es a lo que se llama exergía.

La exergía, no es estrictamente una variable termodinámica, porque no solo depende del estado, sino también de las condiciones ambientales a las cuales se encuentra circunscrito. Ejemplo: una masa de agua a 50 °C contiene más exergía en un ambiente frío que en un ambiente cálido.

Al estudiar la exergía y sus aplicaciones, estas se dividen en dos grandes campos:

- Análisis Exergético: que investiga los fundamentos del método y sus consecuencias sobre procesos o sistemas individuales.
- Termoeconomía: Se aplican los principios deducidos en el análisis, para optimizar procesos y diseños.



El análisis exergético, lo podemos definir entonces como el estudio de los fundamentos y respuestas individuales de los procesos, por ejemplo: turbinas, compresores, intercambiadores de calor, entre otros.

Un estado contiene exergía, porque al menos una de las variables que lo definen, es distinta a la del ambiente, es decir, está en desequilibrio. Por lo que la definición del ambiente tiene una posición clave.

En el sistema estudiado, la interacción sistema-ambiente, según Martínez (2004), viene dada de dos formas:

- Interacción Térmica: la diferencia de temperatura entre un sistema y el ambiente, establece una transferencia de calor espontánea.
- Interacción Mecánica: la diferencia de presión entre un sistema y el ambiente, por ser un sistema cerrado, se establece un trabajo no útil, pero que afecta las demás variables.

Por esto, es necesario definir con precisión, el ambiente, lo que debe ser una representación lo más detallada posible del medio ambiente que rodea el proceso termodinámico.

Esto nos lleva a definir el estado muerto, el cual, conceptualmente corresponde al medio natural estable.

No existe un acuerdo entre los autores, al definir detalladamente las propiedades del sumidero final, de modo que para el análisis exergético de

ciclos de potencia donde generalmente el vertedero es la atmósfera, se usan, académicamente, las propiedades estándar de temperatura y presión ( $T=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P=101,3\text{ kPa}$ ).

Finalmente, este tipo de análisis se usa para poner en manifiesto las irreversibilidades presentes en el proceso, para que se puedan realizar mejoras en el diseño actual. Se analizó estas pérdidas exergéticas en cada uno de los procesos que conforman el ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Para el análisis realizado se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones para cada una de las mediciones:

- Volúmen de control fijo.
- Una sola corriente cruza la superficie de control.
- Estado estable.
- Variación de energía cinética y potencial despreciable.
- Flujo másico constante.
- Intercambia calor con un reservorio a una temperatura diferente del medio ambiente.

Con las consideraciones anteriores y las hechas en el ciclo de refrigeración, se definieron ecuaciones para el cálculo de los parámetros en cada uno de los procesos partiendo de la Primera Ley de la Termodinámica:

$$\oint \partial Q = -\oint \partial W \quad (2.3)$$

Representando la transferencia de calor y trabajo netos durante el ciclo.  
De donde resulta,

$$dE = \partial Q + \partial W \quad (2.4)$$

Para las ecuaciones finales de balance de masa y energía son,

$$\frac{dm_{v.c.}}{dt} = \sum m_e - \sum m_s \quad (2.5)$$

$$\frac{dE_{v.c.}}{dt} = \sum m_e h_{t,e} - \sum m_s h_{t,s} + \sum Q_{v.c.,j} + W_{v.c.} \quad (2.6)$$

Aplicándola para cada uno de los procesos del ciclo de refrigeración, se tomó en cuenta que todas las energías que salen del sistema son negativas (-) y todas las que entran son positivas (+), obteniéndose las siguientes ecuaciones:

$$q_{Comp} + w_{Comp} = h_2 - h_1 \quad (\text{Compresor}) \quad (2.7)$$

$$q_{Cond} = h_3 - h_2 \quad (\text{Condensador}) \quad (2.8)$$

$$h_3 = h_4 \quad (\text{Válvula de expansión}) \quad (2.9)$$

$$q_{Evap} = h_1 - h_4 \quad (\text{Evaporador}) \quad (2.10)$$

A manera de verificación se comprobó que,

$$\sum Q_{entrada} + \sum Q_{salida} \cong W_{ciclo} \quad (2.11)$$

Una vez comprobado esto, se calculó el trabajo reversible máximo por unidad de flujo en masa sin transferencia de calor adicional, denominándose la exergía de flujo definida con la siguiente ecuación,

$$\psi = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (2.12)$$

Se relacionó la irreversibilidad con la exergía como,

$$I_{v.c.} = (\sum m_e \psi_e - \sum m_s \psi_s) + \sum (1 - \frac{T_0}{T_j}) Q_{v.c.,j} + W_{v.c.}^{real}$$

Al realizar el balance exergético de los cuatro procesos, quedan de la siguiente forma:

$$i_{Comp} = T_0(s_2 - s_1) - q_{Comp} \quad (\text{Compresor}) \quad (2.13)$$

$$i_{Cond} = T_0(s_3 - s_2) - q_{Cond} \quad (\text{Condensador}) \quad (2.14)$$

$$i_{Valv} = T_0(s_4 - s_3) \quad (\text{Válvula de expansión}) \quad (2.15)$$

$$i_{Evap} = T_0(s_4 - s_1) + T_0 \sum \frac{-\partial q}{T_R} \quad (\text{Evaporador}) \quad (2.16)$$

En el caso del compresor y del condensador  $T_R$  es la misma que  $T_0$ .

Para el ciclo se tiene,

$$I_{ciclo} = \sum_{Evap} \partial Q \left(1 - \frac{T_0}{T_R}\right) + W_{Comp} \quad (2.17)$$

En donde  $I_{ciclo} > 0$ .

A manera de verificación se comprobó,

$$I_{ciclo} \cong \sum_{Componentes} I \quad (2.18)$$

La eficiencia exergética viene dada por la relación entre la transferencia de exergía por calor en el evaporador y el trabajo realizado por el compresor.

$$\eta_{Exergética,ciclo} = \frac{-\Phi_{q,evap}}{W_{Comp}} \quad (2.19)$$

$$\eta_{Exergética,sistema} = \frac{-\Phi_{q,evap}}{W_{Elect}} \quad (2.20)$$

Donde,

$$\Phi_{q,evap} = \sum_j q_j \left(1 - \frac{T_0}{T_j}\right) \quad (2.21)$$

### ***Cálculo de las variables termodinámicas***

Para el cálculo de las variables entropía, entalpía y volumen específico a lo largo del ciclo, se realizaron ajustes con las tablas existentes, obteniendo

ecuaciones lineales que describen el comportamiento de estos parámetros en función de la presión y la temperatura, quedando para vapor sobre-calentado las siguientes ecuaciones:

$$h(T, P) = (a_h * P + c_h) * T + (d_h * P + e_h) \quad (2.22)$$

$$v(T, P) = (a_v * P + c_v) * T + (d_v * P + e_v) \quad (2.23)$$

$$s(T, P) = (a_s * P + c_s) * T + (d_s * P + e_s) \quad (2.24)$$

Los valores de a, c, d y e, varían en función de la presión, construyéndose un grupo de parámetros para alta presión en el ciclo, baja presión en ciclo y para presión atmosférica, ver apéndices N° 1, 2 y 3.

En el caso de los estados saturados o mezcla, se obtuvieron ecuaciones lineales. Para el caso del cálculo de la presión en función de la temperatura se obtuvo un mejor ajuste usando una curva parabólica, de modo que las ecuaciones de entalpía de líquido saturado en función de la temperatura, calidad en función de la temperatura y la entalpía, entropía en función de la temperatura y la calidad, y presión en función de la temperatura quedan de la siguiente forma:

$$hf(T) = m_{hf} * T + b_{hf} \quad (2.25)$$

$$X(T, h) = h - \frac{(m_{hf} * T + b_{hf})}{(m_{hg} * T + b_{hg}) - (m_{hf} * T + b_{hf})} \quad (2.26)$$

$$s(X, h) = (m_{sf} * T + b_{sf}) + ((m_{sg} * T + b_{sg}) - (m_{sf} * T + b_{sf})) * X \quad (2.27)$$

$$P(T) = a_p * T^2 + b_p * T + c_p \quad (2.28)$$

Los valores de las constantes  $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, m_i$ ; se calcularon por el método de mínimos cuadrados, usando valores de tablas conocidos (Ver Apéndice N° 4). Para la entalpía se utilizó una interpolación simple y se le introdujeron las ecuaciones lineales de variación de las entalpías en función de la temperatura.

Por ser un proceso donde cada evaporador retira del recinto una cantidad de calor que depende de la cantidad de flujo másico que envíe el compresor, de la apertura de la válvula de expansión y de su capacidad nominal, se generaron dos coeficientes con los cuales se estimó la cantidad porcentual de calor específico retirado por cada unidad interna.

El primero es la capacidad instantánea,  $CapInst$ , donde se interpola el valor de los pulsos de la válvula a un valor entre 0 y 1, ya que se conocen los valores nominales de los pulsos para cuando la válvula esta totalmente cerrada y para apertura máxima, y además se conoce que la válvula es lineal:

$$CapInst = \left(1 + \frac{1200 - Pulsos}{40 - 1200}\right) * CapNom \quad (2.29)$$

Donde Pulsos representa el número de pulsos eléctricos que se envían a la válvula de expansión, el término  $CapNom$  es la capacidad nominal de la unidad interna, 1200 corresponde a los pulsos máximos de apertura de la válvula, el cual se dedujo porque cuando el equipo está en proceso de recolección de aceite abre las válvulas a su máxima apertura siendo éste el valor, y 40 corresponde a los pulsos mínimos, que se comprueban cuando los evaporadores se encuentren apagados.

Conociendo el valor de la capacidad instantánea de cada unidad se determina un factor de aporte de calor, *aporte*, el cual viene dado por la capacidad instantánea entre la capacidad instantánea total del equipo.

$$Aporte = \frac{CapIns}{\sum CapIns} \quad (2.30)$$

Con estos dos factores se estimó el aporte realizado por cada unidad a la capacidad total de refrigeración, así el calor total y la transferencia de exergía por calor vienen dados de las siguientes formas respectivamente:

$$Q_{Total} = \sum Q_i * Aporte_i \quad (2.31)$$

$$\Phi_{Total} = \sum \Phi_i * Aporte_i \quad (2.32)$$

Lográndose estimar estos valores para posteriormente calcular de la eficiencia exergética.

Para el cálculo del flujo másico de refrigerante se utilizó la siguiente ecuación:

$$m = Caudal / v \quad (2.33)$$

$$Caudal = \frac{DV.RPM}{60} \quad (2.34)$$

$$RPM_{vv} = \frac{3460.f_{vv}}{60} \quad (2.35)$$

Donde,



3460 son las rpm para 60 Hz del compresor de velocidad variable; y  
3500 son las rpm para 60 Hz del compresor constante.

## 2.2.5. Fundamentos de Mecánica de Fluidos

### *Análisis de Caídas de Presión en las Tuberías*

En las tuberías se producen caídas de presión debidas a la fricción entre la tubería y el fluido que pasa a través de ella, en el sistema se estudian las caídas de presión entre la unidad externa y cada una de las unidades internas, en ambas tuberías (vapor y líquido), estas caídas de presión, para tuberías se pueden cuantificar mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (2.36)$$

Teniendo,

$$\Delta P = h_f \cdot \rho \cdot g \quad (2.37)$$

Para calcular el factor de fricción, se tiene la ecuación de Swamee, para tuberías lisas, pues se conoce que la tubería es de cobre y se le considera lisa.

$$f = \frac{0,25}{\left[ \log \left( \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (2.38)$$

Para calcular el número de Reynolds se usa,

$$\text{Re} = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (2.39)$$

Para obtener la viscosidad del refrigerante y poder realizar los cálculos de caída de presión en las tuberías, se ajustó una curva de viscosidad en función de la temperatura, obteniendo una ecuación lineal de la siguiente forma:

$$\mu(T) = m_i * T + b_i \quad (2.40)$$

Donde los coeficientes  $m$  y  $b$ , varían según se esté trabajando con líquido o con vapor, ver apéndice N° 5.

## 2.2.6. Fundamentos de Transferencia de Calor

### *Análisis de Transferencia de Calor*

La estimación para las pérdidas por transferencia de calor, se realizará utilizando las siguientes consideraciones:

- Régimen permanente;  $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$
- Conducción unidimensional;  $\frac{\partial T}{\partial r} \gg \frac{\partial T}{\partial \theta}, \frac{\partial T}{\partial z}$
- No existe generación interna de calor;  $\dot{q} = 0$
- Material isotópico;  $K_r = K_\theta = K_z = K \neq f(r, \theta, z)$

Para los cálculos de transferencia de calor, se tomó el caso de convección y radiación en paralelo, en donde:

$$q_c = h_c (T_s - T_{amb})A \quad (2.41)$$

$$q_r = \epsilon_s \sigma (T_s^4 - T_{amb}^4) = h_r (T_s - T_{amb})A \quad (2.42)$$

$$\bar{h}_r = \frac{\epsilon_s \sigma (T_s^4 - T_{amb}^4)}{(T_s - T_{amb})} \quad (2.43)$$

$$q = h_{r+c} A (T_s - T_{amb}) \quad (2.44)$$

Cómo ambos flujos de calor emanan del mismo potencial, actúan en paralelo. La razón total de transferencia de calor es la suma de las razones de flujo de calor por convección y radiación.

### *Análisis de Transferencia de Calor en el Compresor*

Para los compresores utilizados, se tomarán como cuerpos con pequeñas relaciones de distancias, en donde las correlaciones para tres dimensiones y flujos axisimétricos son las siguientes:

$$Nu^T = G * C_t * Ra^{1/4} \quad (2.45)$$

$$Nu_l = [(Nu_{cond})^n + (Nu^T)^n]^{1/n} \quad (2.46)$$

$$Nu_t = C_t * Ra^{1/3} \quad (2.47)$$

$$Nu = [Nu_l^m + Nu_t^m]^{1/m} \quad (2.48)$$

$$C_l = 0.671 / [1 + (0.492 / Pr)^{9/16}]^{4/9} \quad (2.49)$$

Siendo respectivamente,

$Nu^T$ , Número de Nusselt de capa laminar delgada;

$G$ , depende de la forma del cuerpo y de sus condiciones térmicas de frontera;

$C_l$ , función universal del número de Prandtl dado por Churchill y Usagi;

$Ra$ , número de Rayleigh en términos de la diferencia de temperatura  $\Delta T_o$ ;

$Nu_l$ , Número de Nusselt flujo totalmente laminar;

$Nu_{cond}$ , Número de Nusselt de conducción;

$n$ , parámetro mejor determinado por ajuste a la data experimental ( $n \approx 1.07$ );

$Nu_t$ , Número de Nusselt flujo turbulento;

$C_t$ , función modelada que depende del número de Prandtl;

$Nu$ , Número de Nusselt resultante de la fusión de Laminar y Turbulento;

$m$ , parámetro mejor ajustado a la data experimental ( $m \approx 10$ );

$Pr$ , Número de Prandtl.

Considerando el cuerpo isotérmico y con  $T\alpha$  constante, para un cilindro corto vertical y circular con finales rectos, se tiene:

$$Nu = hD/k \quad (2.50)$$

$$Ra = (g\beta\Delta TD^3) / (v\alpha) \quad (2.51)$$

$$As = (\pi D^2/2) * (1 + (2L/D)) \quad (2.52)$$

De donde,

$h$ , coeficiente de transferencia de calor;

$D$ , diámetro del cilindro;

$k$ , conductividad térmica del fluido [W/(m.K)];

$g$ , aceleración de la gravedad;

$\beta$ , coeficiente de expansión térmica;

$\Delta T$ , variación de temperatura;

$\nu$ , viscosidad cinemática [m<sup>2</sup>/s];

$\alpha$  difusividad térmica [m<sup>2</sup>/s];

$L$ , longitud de referencia.

Ver anexos para los valores de las constantes.

### ***Análisis de Transferencia de Calor en las Tuberías***

Para las tuberías, las correlaciones tomadas para cilindros horizontales isotérmicos y largos, en un ambiente isotérmico, se tienen:

$$Nu^T = 0.772 * C_l * Ra^{1/4} \quad (2.53)$$

$$Nu_l = 2f / [\ln(1 + 2f / Nu^T)] \quad (2.54)$$

$$f = 1 - 0.13 / (Nu^T)^{0.16} \quad (2.55)$$

$$Nu_t = C_t * Ra^{1/3} \quad (2.56)$$

$$Nu = [Nu_l^m + Nu_t^m]^{1/m} \quad (2.57)$$

$$C_t = 0.671 / [1 + (0.492 / Pr)^{9/16}]^{4/9} \quad (2.58)$$

Siendo respectivamente,

$Nu^T$ , Número de Nusselt de capa laminar delgada;

$C_t$ , función universal del número de Prandtl dado por Churchill y Usagi;

$Ra$ , número de Rayleigh en términos de la diferencia de temperatura

$\Delta T_o$ ;

$Nu_l$ , Número de Nusselt flujo totalmente laminar;

$f$ , parámetro definido por datos experimentales;

$Nu_t$ , Número de Nusselt flujo turbulento;

$C_t$ , función modelada que depende del número de Prandtl;

$Nu$ , Número de Nusselt resultante de la fusión de Laminar y Turbulento;

$m$ , parámetro mejor ajustado a la data experimental ( $m \approx 10$ );

$Pr$ , Número de Prandtl.

Considerando el cuerpo isotérmico y con  $T\alpha$  constante, para un cilindro largo horizontal y circular, se tiene:

$$Nu = hL/k \quad (2.59)$$

$$Ra = (g\beta\Delta TL^3) / (v\alpha) \quad (2.60)$$

$$P = Lf_l \quad (2.61)$$

De donde,

$h$ , coeficiente de transferencia de calor

$L$ , diámetro de la tubería;

$k$ , conductividad térmica del fluido [W/(m.K)];

$g$ , aceleración de la gravedad;

$\beta$ , coeficiente de expansión térmica;

$\Delta T$ , variación de temperatura;

$\nu$ , viscosidad cinemática [m<sup>2</sup>/s];

$\alpha$  difusividad térmica [m<sup>2</sup>/s];

$f_l$ , parámetro geométrico.

Ver anexos para los valores de las constantes.

## **Capítulo 3: Marco Metodológico**

### ***3.1. Nivel de Investigación***

Realizado el análisis exergético es necesario estudiar ciertas variables, dependientes e independientes, las cuales afectaron el comportamiento del sistema, para esto, se estudió el equipo a distintas condiciones de carga térmica, las cuales afectaron la respuesta del sistema de forma que variará la exergía en los procesos.

Teniendo como meta lograr los objetivos del problema de investigación presentado, será necesario un nivel de investigación descriptiva.

### ***3.2. Diseño de Investigación***

Se realizaron dos tipos de diseño, el primero fue la investigación documental, con el cual se recopilaron, revisaron y seleccionaron trabajos de investigación, publicaciones, libros y otros, relacionadas al análisis de exergía a equipos de refrigeración en general, o se haya trabajado con equipos de refrigeración que funcionen bajo el principio de capacidad variable, y algún otro que se considere conveniente para el problema planteado.

El otro diseño de investigación es la experimental, en el cual se evaluó el equipo de acondicionamiento de aire en condiciones normales de operación, en



las cuales se recopilarán los datos necesarios para el desarrollo de análisis exergético.

### ***3.3. Población y Muestra***

En cuanto a la población de datos termodinámicos, se obtuvieron los datos usando el programa LGMV, de la marca comercial LG, en tiempo real, cada 30 segundos.

Los datos eléctricos se obtuvieron a igual razón de tiempo (cada 30 segundos).

Además, se midió cada 2 minutos, la temperatura sobre seis puntos en la superficie del compresor.

El equipo de recolección de datos eléctricos, calcula de forma automática la tensión y la intensidad de corriente trifásica.

Finalmente, se tiene una población total de 775 lecturas simultáneas de cada una de las variables, de las cuales, por principios estadísticos, se realizaron cálculos con el 30% de los datos, obteniendo un 99% de confiabilidad en el estudio.

### ***3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos***

Las técnicas utilizadas para el desarrollo del trabajo de investigación, son las siguientes: observación directa y análisis documental.

Es necesaria la observación directa para la recolección de datos en el momento de experimentar con el equipo a las condiciones de operación asignada, además de ser la más idónea puesto que permite identificar las anomalías que se puedan presentar más rápidamente.

El análisis documental, es preciso para extraer los aspectos justos y necesarios para el desarrollo del problema de investigación, de los documentos previamente recopilados.

Los instrumentos de recolección de datos utilizados son:

- Sensores de presión y temperatura conectados electrónicamente, arrojando datos que se recopilan a través del software LGMV.
- Medidor de Tensión y Corriente. Marca Drantex, Modelo Power Platform 4300.
- Termoanemómetro y termómetro láser.
- Software Microsoft Excel
- Software estimación cargas térmicas LG

### ***3.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos***

Para el procesamiento de datos se utilizó el programa Microsoft Excel, el cual permite realizar operaciones para grandes cantidades. Los datos obtenidos vienen ordenados en forma cronológica y periódica, por esto se aplicó ciertas operaciones para conocer los valores de exergía en cada período, las cuales se repitieron en cada grupo de datos realizado.

De esta data procesada se resaltaron los valores promedio y los límites del rango para cada uno de los grupos, también se resaltaron los datos que se puedan considerar fuera del rango de campana, además de cada grupo obtenido se presentarán en tablas y gráficas las cuales permitan un mejor estudio del sistema.

Se relacionan las variables que influyen fuertemente en las variaciones de exergía del sistema, y también las que influyen en el rendimiento del equipo, se presentan también en formas de tablas y gráficos de modo que se pueda determinar de qué forma opera mejor el equipo, para un uso eficiente y como consecuencia un mayor ahorro energético.

### ***3.6. Fases de la Investigación***

- Documentación

Se revisaron documentos concernientes a equipos que trabajan con carga variable, variación de exergía, eficiencia exergética, lógica difusa y cualquier otro que pudiera ayudar al desarrollo del trabajo de grado.

- Desarrollo teórico

Se desarrollaron las ecuaciones necesarias de transferencia de calor en los compresores y en las tuberías, pérdida de presión en tuberías, ecuaciones de primera y segunda ley termodinámica, para obtener las variables necesarias para el análisis exergético.

- Recolección de datos

Se recolectaron datos termodinámicos y eléctricos del equipo operando durante aproximadamente seis (6) horas de operación.

Se obtuvieron lecturas de temperaturas en la superficie de los compresores, temperatura y presión ambiente, y los datos arrojados por el programa LGMV.

- Procesamiento de datos

Utilizando programas computacionales para obtener y procesar datos, se realizaron las operaciones requeridas para obtener las variables necesarias para el estudio de exergía, se colocaron estos resultados en gráficos adecuados para posteriormente ser analizados.

- Análisis de resultados

Se revisaron los gráficos obtenidos y se verificaron que los resultados eran coherentes con las ecuaciones planteadas inicialmente, luego comparado datos entre sí se obtuvieron nuevas interrogantes o conclusiones.

### ***3.7. Limitaciones***

- Los equipos de acondicionamiento de aire con los que se hicieron las pruebas son propiedad de la empresa Industrial Refrimaq C.A., del mismo modo el salón donde está hecha la instalación de dichos equipos, es una sala de reuniones de la empresa, además la disponibilidad de la sala está sujeta al uso particular de la empresa. Se tuvo que solicitar realizar las pruebas cuando hubo la mayor cantidad de personas presentes en dicha sala, y que además la realización de las pruebas no obstruyera la actividad que se estaba realizando en la sala.

- Los equipos necesarios para la recolección de datos eléctricos son propiedad de la Universidad Central de Venezuela, y se tuvo contratiempos debido al corto tiempo de autorización de salida que se tuvo disponible, era necesaria la presencia de alguien con conocimientos de operación del equipo y lograr coincidir esto con la disponibilidad de la sala con carga térmica real, se hizo difícil. Por otro lado, la memoria para almacenamiento de datos eléctricos del equipo es bastante pequeña respecto a los datos necesarios para almacenar, esto se realiza a través de una tarjeta PCI Express, la cual ya prácticamente ningún computador personal utiliza, por lo que se requirió adicionalmente un computador portátil para descargar la información, también propiedad de la Universidad.

- Para conocer la presión atmosférica se tomaron los datos de la red meteorológica venezolana, debido a que no se disponía de un equipo en el recinto, por esto la medición de la presión del estado muerto no se realiza de forma continua.

## Capítulo 4. Discusión de Resultados

### 4.1. Factores a considerar

Para obtener los resultados, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones generales:

- Los procesos permanecen en estados estables y no transitorios.
- La temperatura del estado muerto se midió en forma continua utilizando el sensor de temperatura de aire en la unidad externa, y se verificó usando un termoanemómetro.
- La presión del estado muerto se tomó de los valores referenciales publicados en la página web de la red meteorológica venezolana.
- Para el ciclo en general, por demostración de que las pérdidas por calor y fricción en tuberías son mínimas entre componentes, se asume:
  - El estado de salida del compresor es el estado de entrada del condensador.
  - El estado de salida del condensador es igual al estado de entrada de las válvulas electrónicas de expansión.
  - El estado de salida de las válvulas electrónicas de expansión es igual al estado de entrada de los evaporadores.

- La presión de la tubería de alta presión permaneció constante para cada medida tomada.
- En cuanto al flujo másico, se consideraron que las masas de aceite y refrigerante permanecen en la misma proporción general a lo largo de todo el recorrido.
- En cuanto a las variables eléctricas, se tomaron datos de la corriente, tensión y factor de potencia, de forma continua. En los arranques de los motores de los compresores no se tomaron en cuenta, por ser eventos transitorios.

Las consideraciones en cuanto a los parámetros utilizados en cada uno de los procesos fueron las siguientes:

- Se asumió que el serpentín del condensador incluye el circuito de sub-enfriamiento de la unidad, de modo que la temperatura de salida es igual a la temperatura de salida del circuito de sub-enfriamiento, y que además el refrigerante utilizado en este circuito es despreciable respecto a la masa total que circula.
- Se tomó la salida de refrigerante del condensador como líquido saturado a la temperatura medida, por la falta de tablas de propiedades termodinámicas del refrigerante en fase líquida comprimida.
- En los compresores al conocerse el volumen desplazado por revolución, y el número de revoluciones por minuto a las que se encuentra girando en un momento dado, se puede conocer el volumen desplazado total. Para el cálculo del flujo másico de refrigerante, se tomó en cuenta que el caudal desplazado por

revolución para estas máquinas era directamente el dato de fábrica que se obtuvo del manual, ver anexos, y con las condiciones de entrada del refrigerante al compresor, se puede determinar el flujo másico total que está pasando por la frontera en ese instante.

- La presión de succión de los compresores se tomó como la de saturación para la temperatura medida en el acumulador, ya que en el acumulador, el refrigerante se encuentra en mezcla líquido-vapor.
- La presión de trabajo de los evaporadores se mantuvo constante en el proceso y se calculó a través de los valores de entalpía y temperatura a la salida de las VEE.
- Se asumió que cuando las VEE se cierran, no permiten el paso de refrigerante.

En cuanto a las caídas de presión se consideró lo siguiente:

- Para la caída de presión en la tubería, se calculó en la tubería de líquido y de vapor desde la unidad exterior hasta cada uno de los evaporadores, para verificar que esta variación de presión es despreciable.
- En los cálculos de caídas de presión en las tuberías se asume que las viscosidades para vapor sobre-calentado y líquido comprimido son iguales a las de vapor saturado y líquido saturado.

Para las consideraciones tomadas en los cálculos de transferencia de calor se tuvo:



- En las tuberías se estudiaron como una sola con aislante y se midió la temperatura en la superficie de la misma con un termómetro láser, se asumió el tramo de mayor longitud, el cual va desde la salida del condensador hasta la entrada del evaporador más lejano, y se calculó la pérdida por calor para un promedio de los valores sensados de temperatura del aire en los evaporadores.
- El calor transferido en los evaporadores y en el condensador, se tomaron como la diferencia de las entalpías de entrada y salida.
- En las válvulas electrónicas de expansión se consideró que la transferencia de calor era despreciable por tener un área superficial muy pequeña respecto a los otros estudios de transferencia realizados, considerándose adiabáticas.

En cuanto a los errores hallados en las curvas ajustadas para poder obtener los parámetros necesarios se obtuvo:

- Para los parámetros de entalpía, entropía y volumen específico, se asumió que el error arrojado es despreciable. El error máximo porcentual que se observa es de 3% en la curva de volumen específico a baja presión, encontrándose fuera de la zona de los valores de temperatura utilizados. Los demás errores porcentuales en las curvas utilizadas se encuentran por debajo del 1%, la curva saturada de presión en función de la temperatura fue una excepción teniendo un error porcentual de 1.73% fuera de la zona utilizada, aunque en las zonas que sí fueron utilizadas se encontraron cercanas a ese error.

- Para la curva de viscosidad en función de la temperatura se tiene que el error máximo porcentual es igual a 1.81% en el extremo superior, por lo que de igual forma se considera despreciable.

Para finalizar las consideraciones se realizó una instalación de manómetros a manera de verificación del buen funcionamiento de los sensores instalados de la siguiente forma:

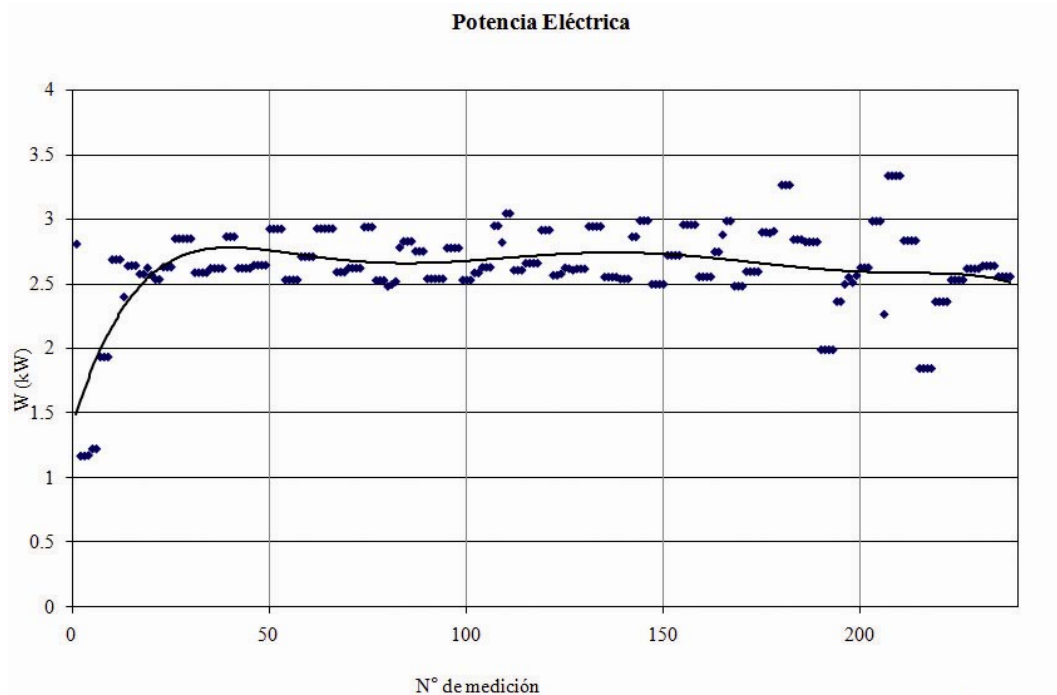
- Una vez tomados los datos, se instalaron manómetros a las entradas y salidas de dos evaporadores (un fancoil y un cassette) correspondientes a la unidad número 2 y número 5, respectivamente; de igual forma en las entradas y salidas inmediatas a los compresores, antes del acumulador y a la línea general de alta; verificando el buen funcionamiento de los sensores instalados en fábrica, arrojando un error porcentual de aproximadamente 5 %.

#### ***4.2. Resultados Obtenidos***

En la estimación de la carga térmica se obtuvo un aproximado de 21 kW tomando en cuenta las condiciones en las que se encontraba el espacio a acondicionar, ver anexos.

En la recolección de los datos eléctricos, se obtuvo una gráfica de potencia eléctrica consumida en función de las mediciones realizadas cada treinta (30) segundos, ver gráfico N° 1.

Gráfico N° 1



Con los datos de fábrica de los compresores y su velocidad de giro, ver gráfico N° 2, se calculó el flujo másico de refrigerante que pasa por ellos, ver gráfico N° 3.

La verificación realizada de ciclo cerrado arrojó los valores presentados en el gráfico N° 4.

Los resultados de los cálculos de la caídas de presión en las tuberías se aprecian en las tablas N° 2 y N° 3, las cuales van desde la unidad externa hasta cada una de las unidades internas y viceversa.

Gráfico N° 2

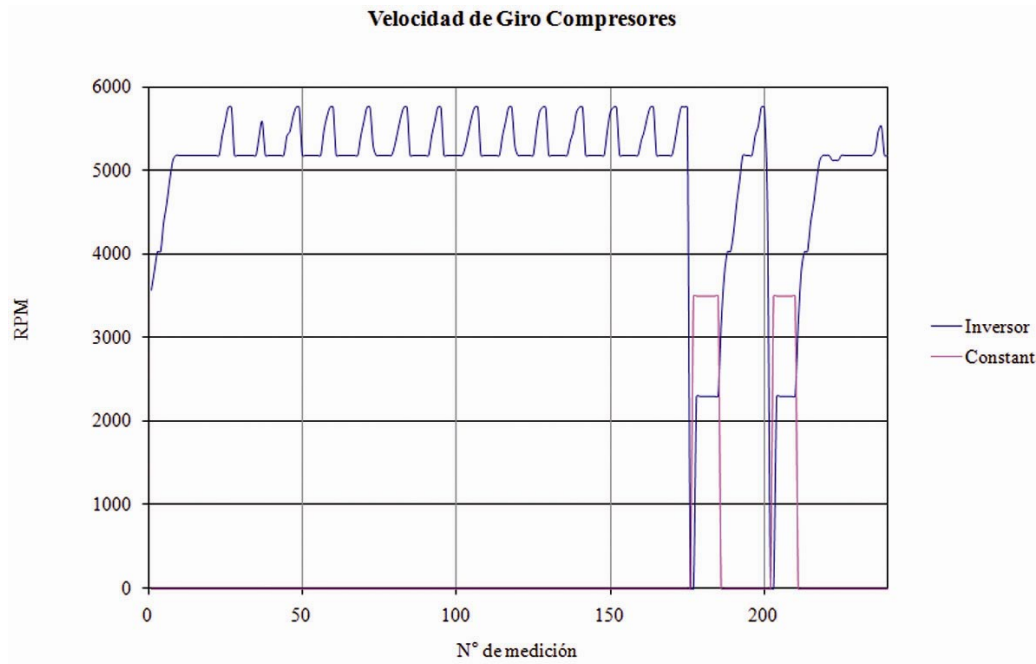


Gráfico N° 3

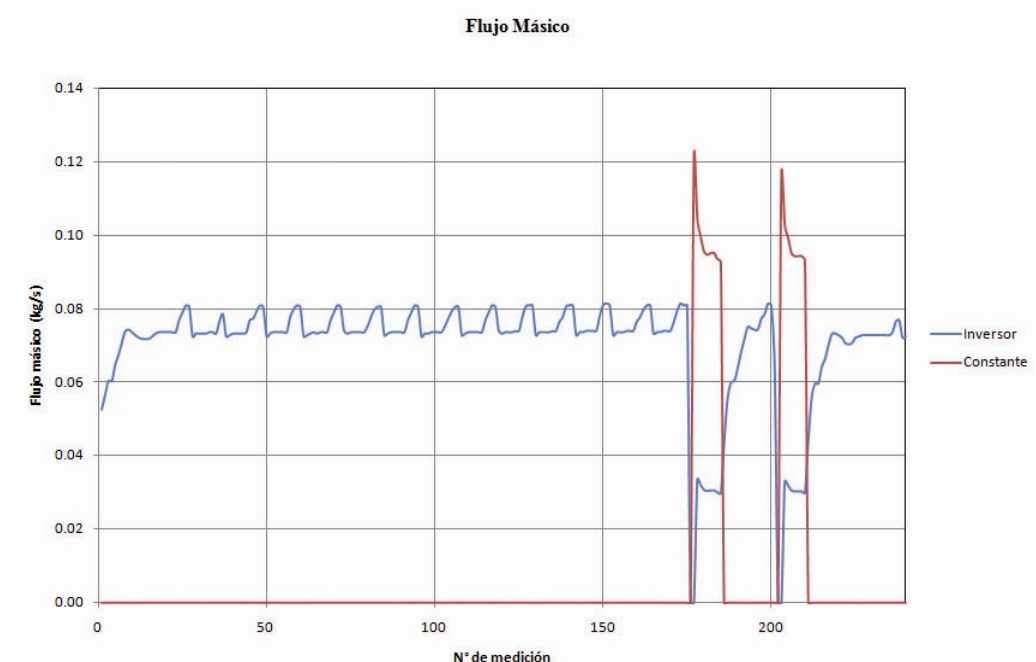
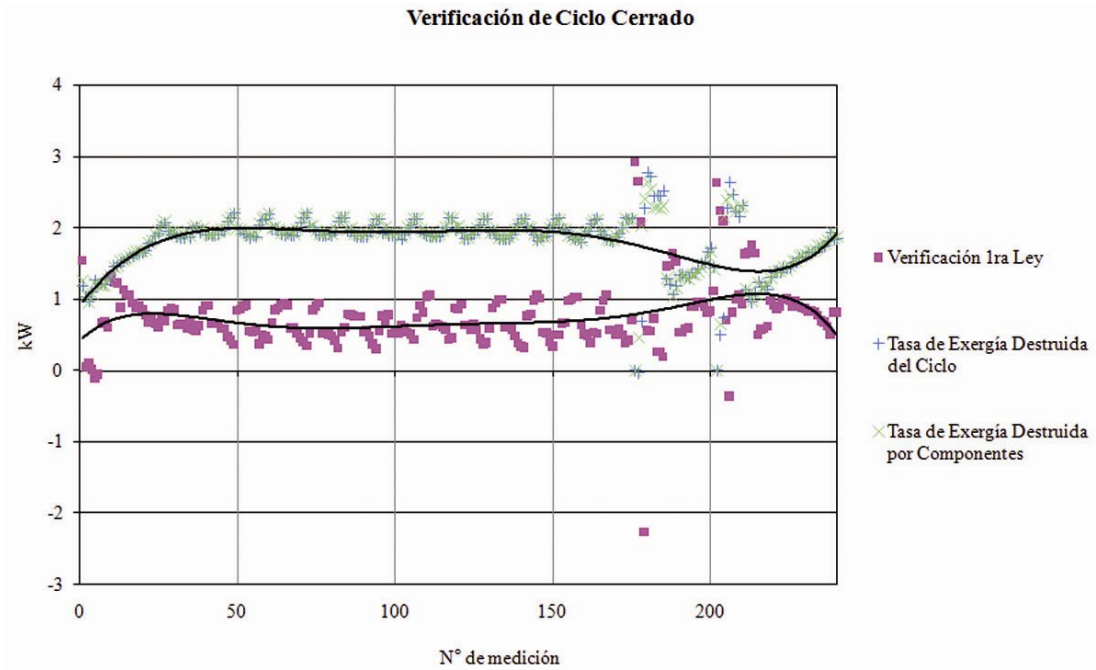


Gráfico N° 4



Los resultados promedios obtenidos de los cálculos de la transferencia de calor en los compresores y las tuberías se reflejan en la tabla N° 4.

Tabla N° 2

Promedio Caída de Presión		
Modelo de Unidad Interna	Líquido (kPa)	Vapor (kPa)
Fan Coil 24 kBTU	4.47	6.29
Fan Coil 12 kBTU	4.16	5.14
Cassette 18 kBTU	3.99	4.61
Cassette 28 kBTU	4.18	5.22
Art Cool Deluxe 12 kBTU	3.06	3.76
Art Cool 12 kBTU	4.57	5.63
Promedio General	4.07	5.11
% Caída de Presión de la línea	0.27	1.02

Tabla N° 3

Promedio Caída de Presión Unitaria por Tramo (Pa/m)		
Tramos	Líquido	Vapor
T1	260.3	222.3
T2	155.9	227.7
T3	89.9	280.0
T4	76.0	407.5
T5	22.9	123.6
T6	78.5	98.1
T7	330.3	408.8
T8	166.3	516.6
T9	226.4	280.8
T10	8.7	27.4
T11	53.6	167.4

El porcentaje es la comparación contra las presiones nominales de la línea de baja y de alta, 500 kPa y 1500 kPa respectivamente.

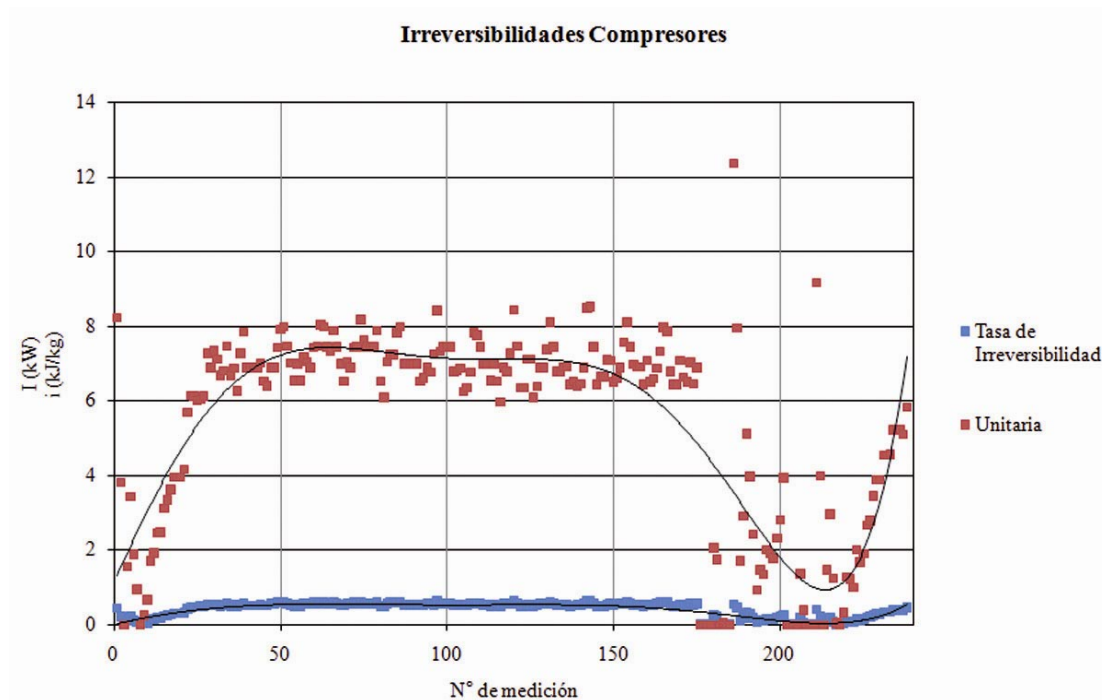
Tabla N° 4

Promedios Transferencia de Calor	
Compresor De velocidad variable (W)	20.43
Compresor STD (W)	1.56
Tubería (W/m)	9.79

Iniciando el análisis en los compresores, se calculó la temperatura de descarga, posteriormente utilizando las curvas ajustadas de baja y alta presión, para vapor sobrecalentado, se hallaron las variables de entropía y entalpía de la

entrada y salida de los compresores. De forma independiente se calculó la transferencia de calor a través del compresor, obteniéndose las irreversibilidades en este proceso, ver gráfico N° 5.

Gráfico N° 5



En el condensador se calcularon las variables de salida, entalpía y entropía, usando las curvas ajustadas de líquido saturado, para luego calcular el calor transferido y las irreversibilidades generadas, ver gráfico N° 6.

Para cada una de las válvulas de expansión, se calculó la calidad de la mezcla a la salida, la presión de saturación, la entalpía y entropía del estado de salida, para luego calcular las irreversibilidades, ver gráfico N° 7.

Gráfico N° 6

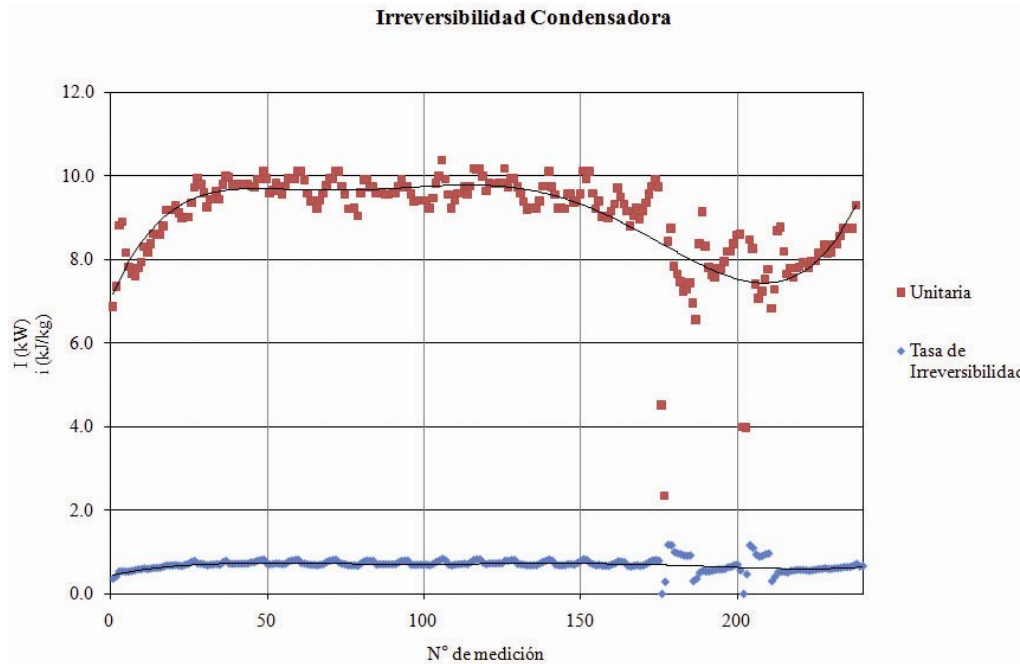
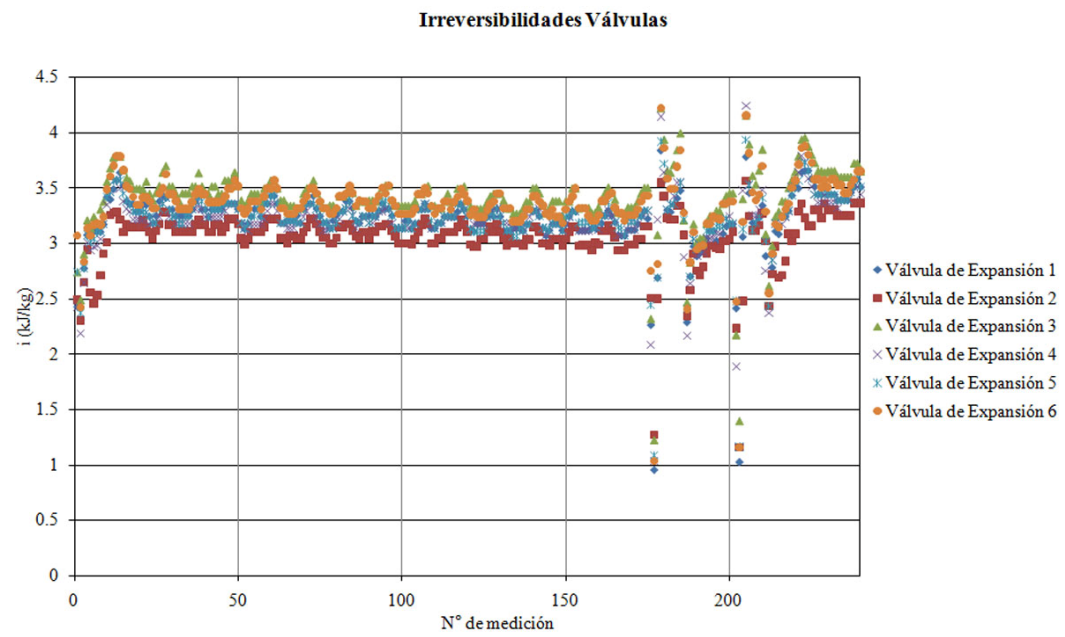


Gráfico N° 7

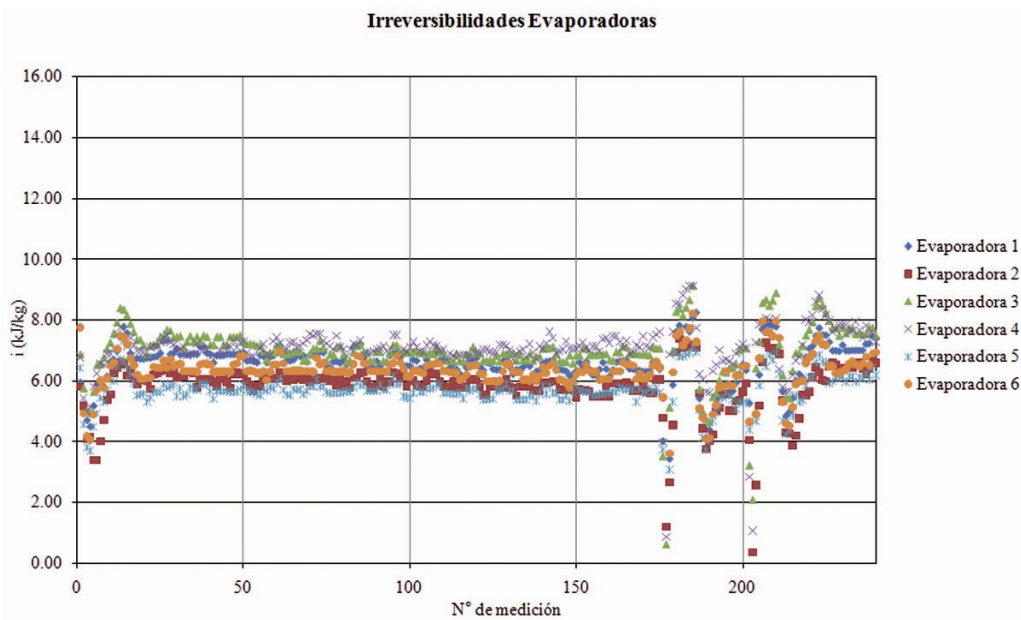




Para cada una de los evaporadores, se calcularon la entalpía y la entropía de los estados de salida a la presión de baja, el calor transferido, las irreversibilidades y las exergías de flujo de los estados de entrada y salida, donde éstas últimas fueron utilizadas en el cálculo de la eficiencia exergética, ver gráfico N° 8.

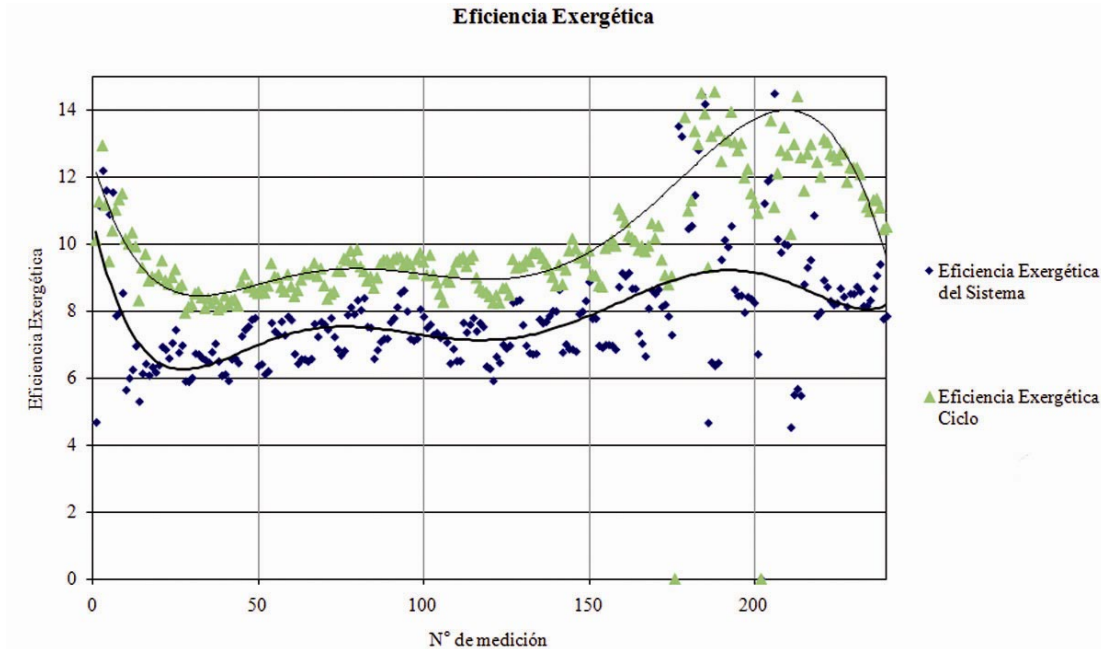
Posteriormente se calculó la eficiencia exergética del ciclo y del sistema, ver gráfico N° 9.

Gráfico N° 8



En la tabla N° 5 se presenta una lista comparativa de las irreversibilidades promedios y máximas, tanto unitarias como totales, para cada componente del sistema estudiado.

Gráfico N° 9

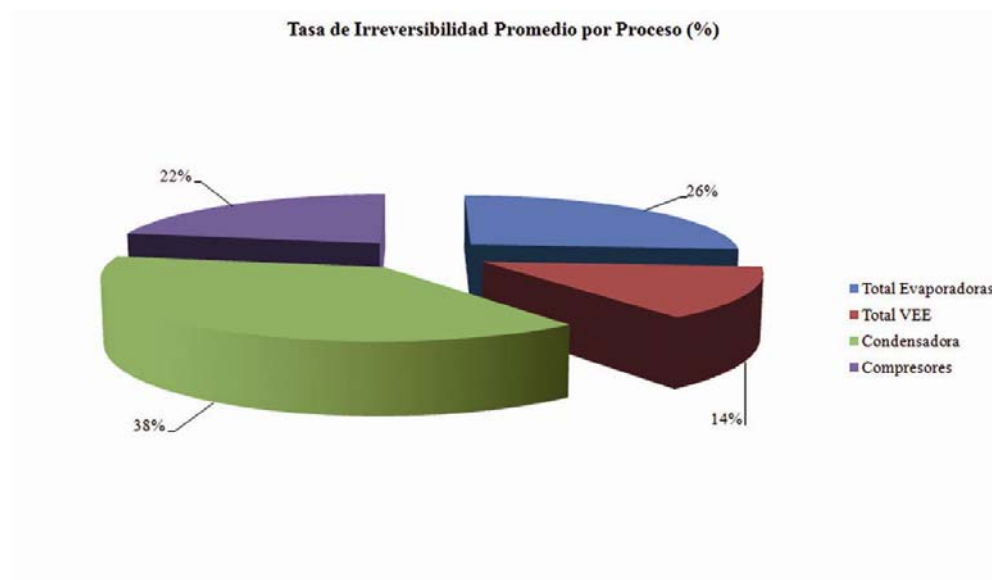


Por último se obtuvo el porcentaje de tasas de irreversibilidades promedio por procesos, ver gráfico N° 10.

Tabla N° 5

Componente	i (kJ/kg)		i(kW)	
	Promedio	Máximo	Promedio	Máximo
Evaporador 1	6.529	8.261	0.071	0.148
Evaporador 2	5.805	7.365	0.160	0.320
Evaporador 3	6.985	9.139	0.094	0.197
Evaporador 4	7.061	9.120	0.042	0.089
Evaporador 5	5.620	7.141	0.081	0.172
Evaporador 6	6.263	8.203	0.031	0.075
Válvula de Expansión 1	3.215	3.843	0.035	0.077
Válvula de Expansión 2	3.054	3.564	0.084	0.178
Válvula de Expansión 3	3.411	4.226	0.046	0.100
Válvula de Expansión 4	3.201	4.241	0.019	0.036
Válvula de Expansión 5	3.226	3.933	0.046	0.101
Válvula de Expansión 6	3.353	4.226	0.017	0.038
Condensador	9.014	10.382	0.692	1.167
Compresores	5.410	12.375	0.403	0.629

Gráfico N° 10.



### ***4.3. Análisis de Resultados***

En base a los objetivos iniciales, se logró cumplir en su totalidad cada uno de ellos.

- Las mediciones realizadas permitieron determinar las propiedades termodinámicas requeridas para el análisis exergético de los diferentes componentes pertenecientes al ciclo. Como se indica más abajo, la suma de las pérdidas de exergía en los equipos que componen el ciclo resultaron aproximadamente iguales a las pérdidas de exergía calculadas para el ciclo completo; lo cual demuestra la consistencia de los resultados obtenidos.
- Se obtuvo una estimación de carga térmica de veintiuno (21) kW, siendo aproximadamente seis (6) TR, lo cual está por debajo de la capacidad máxima de las unidades internas instaladas, ocho (8) TR.
- Por lo extenso de un estudio a diferentes condiciones de carga, se realizó únicamente bajo condiciones normales de operación, lo cual se refleja de manera adecuada en los parámetros seleccionados.
- Se logró recopilar favorablemente los datos termodinámicos y de consumo eléctrico para esta condición.
- En cuanto a los parámetros obtenidos:
  - La potencia eléctrica tiene un valor fluctuante entre 2.5 kW y 3.0 kW, con una dispersión de 0.5 kW, de donde se observó que el comportamiento es relativamente constante, viéndose afectada por la

variación de la velocidad del compresor con variador electrónico de velocidad durante el total de la muestra, la operación del compresor constante entre los datos N° 180 al N° 210 y por la carga térmica, apreciándose entre los datos N° 1 al N° 25, tiempo en el cual no había personas presentes en el recinto.

- Para el flujo másico se observó que su tendencia era de fluctuar alrededor de 0,076 kg/s, para el compresor de velocidad variable, en cuanto al compresor estándar disminuyó el flujo másico como consecuencia de la variación de las condiciones de entrada del refrigerante. El compresor de velocidad variable continuó su funcionamiento para compensar la carga de refrigerante requerida.

- El estudio del ciclo cerrado satisface los planteamientos termodinámicos de la Primera Ley, la diferencia entre el calor neto rechazado por el ciclo y el trabajo neto recibido debe ser igual a cero (0) kW, y se obtuvo un valor promedio de 0.5 kW. De igual forma la diferencia de las tasas de exergía destruida calculadas para el ciclo completo y las sumas de las irreversibilidades en cada uno de los componentes deben ser igual a cero (0) kW, resultando un promedio de las diferencias de 0.03 kW. Estas diferencias se deben a la interferencia de los estados transitorios.

- Se verificó que la caída de presión en las tuberías de refrigerante era despreciable respecto a las presiones manejadas en el sistema, donde se calculó un máximo de 1.02%.

○ Los modelos utilizados para la transferencia de calor en los compresores y tuberías se consideran adecuados. La transferencia de calor obtenida en los compresores se incluyó en el cálculo de las tasas de exergía destruida, donde se obtuvo un promedio de 20.43 W para el compresor de velocidad variable y 1.56 W para el compresor estándar, ésta diferencia se debió a que el compresor de velocidad variable se encontraba trabajando de manera continua, en cambio, el compresor estándar operó en dos ocasiones. Se despreció la transferencia de calor en las tuberías, debido a que el cálculo realizado fue para la de mayor diámetro, siendo ésta tubería la de menor longitud en el sistema, además, el diámetro del resto de los tramos de tuberías eran aproximadamente la mitad del calculado, por lo que la transferencia de calor era menor.

○ Se observó que con la menor carga térmica en las primeras mediciones, la irreversibilidad unitaria en los compresores es menor que durante la mayoría de la operación del sistema, también se observa que cuando ambos compresores se encuentran trabajando ésta disminuye, pero con una mayor dispersión, debido a los eventos transitorios de encendido y apagado del compresor estándar. En cuanto a la tasa de irreversibilidad, ésta permanece prácticamente constante, habiendo tres comportamientos característicos: el primero cuando opera el compresor de velocidad variable y se tiene un carga térmica por debajo del promedio estudiado, resultando una baja irreversibilidad unitaria, por debajo de 4 kJ/kg; el segundo cuando opera el compresor de velocidad variable, con la carga térmica promedio, resultando la mayor irreversibilidad unitaria, con un promedio de 7 kJ/kg; y el tercero, cuando operan ambos

compresores, con la carga térmica promedio, obteniéndose una baja en la irreversibilidad unitaria, por debajo de 4 kJ/kg.

- En el condensador, se observa de igual forma que al disminuir la carga térmica, las irreversibilidades disminuyen, de igual modo al momento en el que operan ambos compresores, observándose un comportamiento similar al de los compresores, resultando 8 kJ/kg para los lapsos de menor irreversibilidad unitaria, y 9.5 kJ/kg para los de mayor. La tasa de irreversibilidad permanece cercana a 0,6 kW, durante todos los datos obtenidos.

- En las válvulas de expansión se puede observar un comportamiento similar para las seis (6) válvulas, esto debido a que son del mismo modelo, las variables que afectan este comportamiento son las temperaturas y presiones de entrada y salida de las válvulas, y como estas son similares para las entradas y las salidas, se justifica este comportamiento. Por otro lado, el comportamiento durante el estudio es similar al de los compresores y el condensador, señalando que a mayor flujo másico aumenta la irreversibilidad unitaria, sobre 3.5 kJ/kg; con el flujo másico promedio está en a 3.25 kJ/kg; y al disminuir el flujo másico por el flujo del promedio la irreversibilidad unitaria disminuye a 3.0 kJ/kg.

- El comportamiento de las irreversibilidad de los evaporadores es similar a la del compresor, aunque con una dispersión menor, obteniéndose un promedio de 5.0 kJ/kg para la menor carga térmica, 7.0 kJ/kg para la carga térmica promedio, operando únicamente el compresor

de velocidad variable, y regresando al valor de 5.0 kJ/kg con la carga térmica promedio con ambos compresores en funcionamiento.

- Los valores obtenidos de eficiencia exergética para el ciclo se relacionan inversamente con la disminución de irreversibilidades en los compresores, el condensador y los evaporadores, donde se obtuvo que para menor carga térmica presenta un valor promedio de 10%, para la carga promedio con el compresor de velocidad variable únicamente operando se obtuvo un valor promedio de 9%, y para la carga térmica promedio con ambos compresores operando se tiene 12%. La eficiencia exergética del sistema presenta un comportamiento similar, obteniéndose valores de 9%, 7% y 9% respectivamente. Ambas eficiencias se diferencian en las pérdidas eléctricas y por la fricción en los compresores.

- La mayor tasa de irreversibilidad promedio está dada en el condensador y los evaporadores, 38% y 26% respectivamente, esto es debido a la transferencia de calor y al proceso de cambio de fase que se da en ellos. En cuanto al compresor y las VEE es consistente el resultado, ya que el compresor genera una mayor tasa de irreversibilidad debido al proceso que implica, con un 22%, y las VEE representan el menor porcentaje de todo el sistema, con un 14%.



## Conclusiones y Recomendaciones

La suma de las pérdidas de exergía de los componentes del ciclo se comparan bastante bien con las pérdidas de exergía calculadas tomando en cuenta los calores transferidos por el ciclo y las temperaturas de las fuentes de dichos calores, lo cual permite verificar la consistencia de las mediciones realizadas.

Como no se dispone de datos de pérdidas de exergía para equipos similares no se puede hacer una comparación, *benchmarking*, con otros equipos del mercado, por lo que ésta es una recomendación para futuros trabajos. Sin embargo, se hacen recomendaciones que puedan orientar la optimización de los componentes del equipo analizado. Esto es necesario hacerlo para lograr un uso más eficiente de la energía cuando se usan equipos importados y se adquiere experiencia para futuros diseños que puedan hacerse en el país.

Las caídas de presión y transferencia de calor en las tuberías tienen poca influencia en el análisis realizado.

Las válvulas electrónicas de expansión por presentar el menor porcentaje de tasa de irreversibilidad y por estar definidas por el diseño, son limitadas las modificaciones que se podrían realizar, considerándose adecuadas por la poca variación que existe en las diferentes condiciones de operación.

La tasa de irreversibilidad en el compresor de velocidad variable está asociada a la velocidad de compresión del vapor, el compresor estándar tiene un

diseño adecuado para la velocidad en que opera. Se recomienda realizar estudios para las mejoras en el diseño del compresor de velocidad variable de modo que las irreversibilidades se disminuyan a lo largo del rango de velocidades de operación.

Las temperaturas y presiones que definen el ciclo y los procesos de cambio de fase son factores limitantes para reducir la tasa de irreversibilidad del condensador y los evaporadores. Se requeriría un estudio más avanzado con la finalidad de rediseñar el proceso de transferencia de calor en dichos equipos.

Se recomienda realizar estudios que permitan determinar el caudal másico de forma precisa, que sea de aplicación práctica en sistemas de este tipo donde se cuenta con múltiples unidades internas y externas.

Debido a que no se pudo intervenir en el proceso, se recomienda simular este equipo sustituyendo el compresor de velocidad variable por uno estándar, y así poder comparar los valores de eficiencia exergética obtenidos, y poder comparar el ahorro económico logrado por ésta tecnología.

La metodología aplicada se basó en un análisis global y secuencial, resultando una auditoría exergética de este equipo de acondicionamiento de aire. Se lograron los objetivos, con una consistencia tanto general como de los componentes. Este análisis se puede considerar una fase inicial para estudiar nuevas tecnologías, realizar estudios comparativos y, evaluar la introducción y adaptación de tecnologías extranjeras en nuestro país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aire Acondicionado Inverter*. Página Web El Aire Acondicionado. Disponible en: <http://www.elaireacondicionado.com/inverter/index.php>, [Consultado: 2007, Octubre, 20]
- Apra, C., y Greco, A. (2002). An exergetic analysis of R22 substitution. *Applied Thermal Engineer*, Vol 15, No. 22, May, Pag. 1455-1469.
- Apra, C., Mastrullo, R. y Renno, C. (2004). Fuzzy control of the compressor speed in a refrigeration plant. *International Journal of Refrigeration*, Vol 12, No. 27, December, Pag. 639-648.
- Bejan, A. (1988) *Advanced Engineering Thermodynamics*, New York, Editorial John Wiley & Sons.
- Belman, J., Zaleta, A., Hernández, A. y Vega, L. (2002) *Procedimiento termoeconómico de diagnóstico y evaluación de ciclos combinados*. Ingeniería Mecánica. Tecnología y Desarrollo, vol. 1, número 1, Enero, Pag. 6-11. Sociedad Mexicana de Ingeniería Mecánica. Distrito Federal, México
- Biblioteca Central de la Universidad Simón Bolívar.[Página web en línea]. Disponible en: <http://www.bib.usb.ve/>, [Consultado: 2007, Octubre, 5]
- Biblioteca Marcel Roche. [Página web en línea]. Disponible en: <http://biblioteca.ivic.ve/index.php>, [Consultado: 2007, Octubre, 2]
- Cedeño, Sergio. (2006). *Sistemas de Refrigerantes Variables*. Página Web Mundo HAVACR. Disponible en:[http://www.mundohvacr.com.mx/articulos.php?id\\_art=21&id\\_sec=1](http://www.mundohvacr.com.mx/articulos.php?id_art=21&id_sec=1), [Consultado: 2007, Octubre, 20]
- Compañía LG Panamá. [Página web en línea]. Disponible en: <http://pa.lge.com/index.do>, [Consultado: 2007, Octubre, 1]
- Dávila, C. y Gómez, P. (2004). *Estudio de factibilidad de cambio de sistemas de aire acondicionado, por un sistema de caudal variable de refrigerante*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Caracas, Venezuela.

- González, M. y Velasco, O. (2007). *Optimización Energética mediante un Análisis de Exergía a un Sistema de Acondicionamiento de Aire ubicado en el Parainfo de la U.C.V.* Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Caracas, Venezuela.
- Industrial Refrimaq C.A. (2007). [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.lgaire.com.ve/>, [Consultado: 2007, Octubre, 1]
- Kreith, F. y Bohn M. (2001). *Principios de Transferencia de Calor*. 6ta edición. México. Thompson Editores, S.A.
- MacStat. *Software de Estadística*. Disponible en: <http://macstat.org/3/manual/tammue.htm>, [Consultado: 2009, mayo, 1]
- Martínez, J. (2004) *Análisis Energético de Nuevos Ciclos de Potencia*. Universidad Politécnica de Madrid. Facultad de Ingeniería Química Industrial y Medio Ambiente, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Madrid, España. Disponible en:
- Pita, E. G., (1994). *Acondicionamiento de Aire, Principios y Sistemas*. 2da edición. México. Compañía Editorial Continental, S.A.
- Portales de Documentos relacionados al tema presentado, con la autorización de las bibliotecas anteriormente señaladas. [Página web en línea]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/> y <http://portal.isiknowledge.com/potal.cgi>, [Consultado: 2007, Octubre, 23]
- Puebla, J. A. (2004). *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. Venezuela. Fondo de Reconversión Industrial.
- R-22. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/R22>, [Consultado: 2007, abril, 20]
- Resumen de datos de ubicación, altitud, presión barométrica y temperatura de las Estaciones Meteorológicas. *Red Meteorológica Venezolana*. Disponible en: [http://www.yv5fih.org.ve/calibracion\\_presion\\_RedMeteoVEN.html](http://www.yv5fih.org.ve/calibracion_presion_RedMeteoVEN.html), [Consultado: 2007, junio, 27]
- Rosas, I. y Villarreal, E. del C. (2007) *Rediseño y Automatización de un Sistema de Acondicionamiento de Ambientes*. Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Valencia, Edo. Carabobo, Venezuela.

- Rohsenow, W. and others. (1998) *Handbook of Heat Transfer, 3th Edition*. New York. Mc Graw Hill, S.A.
- Russell, L. y Adebisi, G. (1997) *Termodinámica Clásica*. Mexico, Pearson Educación.
- Shuangquan, S., Wenxing, S., Xianting, L. y Huajun, C. (2004). Performance representation of variable-speed compressor for inverter air conditioners based on experimental data. *International Journal of Refrigeration, Vol. 12, No. 27, July, Pag. 805-815*.
- Stoecker, W. F. (1965). *Refrigeración y Acondicionamiento de Aire*. México. McGraw Hill de México, S.A.
- Thermoeconomics. Reference.com. *Wikipedia, the free encyclopedia*. Disponible en: <http://www.reference.com/browse/wiki/Thermoeconomics>, [Consultado: 2007, noviembre, 26]
- Tremante, P. (2001). *Control de procesos con lógica difusa*. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Caracas, Venezuela.
- Van Wylen, G. J., Sonntag, R. E. y Borgnakke, C. (2007) *Fundamentos de Termodinámica*. 2da edición. México. Editorial Limusa Wiley
- Wark, K. y Richards, D. E. (2001) *Termodinámica*. 6ta edición. España. Editorial Mc Graw Hill.
- Youn, C., Young, C. y Man-Ki, M. (2001). Performance analysis on a multi-type inverter air conditioner. *Energy Conversion and Management, Vol. 42, No. 11, June, Pag. 1607-1621*.

## **APÉNDICE**

[APÉNDICE 1. Ajuste de Curvas hts de R-22. Vapor Saturado Alta Presión]

Para el volumen específico					
La ecuación se escribe de la forma		a	-5.6656E-08	d	-1.05104E-05
$v(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		c	0.00016932	e	0.028597837
Error					
Absoluto Máximo	0.000363657	T [°C]			
Absoluto Mínimo	4.05934E-06	P [kPa]			
% Máximo	2.368947579	v [m <sup>3</sup> /kg]			
% Mínimo	0.023486118				

Para la entalpía					
La ecuación se escribe de la forma		a	7.0467E-05	d	-0.017593132
$h(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		c	0.732805495	e	255.9733736
Error					
Absoluto Máximo	0.84	T [°C]			
Absoluto Mínimo	0.00989011	P [kPa]			
% Máximo	0.311963812	h [kJ/kg]			
% Mínimo	0.002986794				

Para la entropía					
La ecuación se escribe de la forma		a	-2.4586E-07	d	-6.07613E-05
$s(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		c	0.002588299	e	0.894672879
Error					
Absoluto Máximo	0.010311143	T [°C]			
Absoluto Mínimo	0.000157033	P [kPa]			
% Máximo	1.149655237	s [kJ/kg*K]			
% Mínimo	0.044146538				

Para un rango de Presión de 1400 a 1600 kPa y Temperatura de 40 a 180 °C

[APÉNDICE 2. Ajuste de Curvas hts de R-22. Vapor Saturado Baja Presión]

Para el volumen específico			
La ecuación se escribe de la forma		a	-4.0311E-07
$v(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		d	-0.000109395
		c	0.000424536
		e	0.103663666
Error			
Absoluto Máximo	0.002450399	T [°C]	
Absoluto Mínimo	0.000225433	P [kPa]	
% Máximo	3.245432986	v [m <sup>3</sup> /kg]	
% Mínimo	0.374903378		

Para la entalpía			
La ecuación se escribe de la forma		a	0.000114103
$h(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		d	-0.020054571
		c	0.681397326
		e	259.2907571
Error			
Absoluto Máximo	0.880047619	T [°C]	
Absoluto Mínimo	0.002386447	P [kPa]	
% Máximo	0.253861843	h [kJ/kg]	
% Mínimo	0.000860756		

Para la entropía			
La ecuación se escribe de la forma		a	1.75181E-07
$s(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		d	-0.000230778
		c	0.002087271
		e	1.052294247
Error			
Absoluto Máximo	0.006447319	T [°C]	
Absoluto Mínimo	6.92967E-05	P [kPa]	
% Máximo	0.677963276	s [kJ/kg*K]	
% Mínimo	0.00600013		

Para un rango de Presión de 400 a 600 kPa y Temperatura de 0 a 130 °C



[APÉNDICE 3. Ajuste de Curvas hts de R-22. Vapor Saturado Presión Atmosférica]

Para el volumen específico					
La ecuación se escribe de la forma		a	-1.92137E-05	d	-0.005253895
$v(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		c	0.002921676	e	0.782489538
Error					
Absoluto Máximo	0.000756657	T [°C]			
Absoluto Mínimo	2.98286E-05	P [kPa]			
% Máximo	0.163874634	v [m <sup>3</sup> /kg]			
% Mínimo	0.006644041				

Para la entalpía					
La ecuación se escribe de la forma		a	0.000139952	d	-0.019463077
$h(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		c	0.644938022	e	260.3844066
Error					
Absoluto Máximo	1.390171429	T [°C]			
Absoluto Mínimo	0.183767033	P [kPa]			
% Máximo	0.592257898	h [kJ/kg]			
% Mínimo	0.069473751				

Para la entropía					
La ecuación se escribe de la forma		a	4.94681E-07	d	-0.001386253
$s(T,P)=(a*P+c)*T+(d*P+e)$		c	0.002174284	e	1.238816484
Error					
Absoluto Máximo	0.006011143	T [°C]			
Absoluto Mínimo	0.000545099	P [kPa]			
% Máximo	0.294326606	s [kJ/kg*K]			
% Mínimo	0.112432373				

Para un rango de Presión de 50 a 100 kPa y Temperatura de -40 a 90 °C

[APÉNDICE 4. Ajuste de Curvas hts de R-22. Estados Saturados]

	hf	hg	sf	sg	vf	vg
m	1.299311	0.205376	0.004155	-0.001300	3.21E-06	-0.000547
b	42.954970	252.054106	0.175698	0.925979	0.000763	0.038605

Con la temperatura y la entalpía se calcula la calidad de la siguiente forma:  
 $X(T,h) = \frac{h - (m_{hf} * T + b_{hf})}{(m_{hg} * T + b_{hg}) - (m_{hf} * T + b_{hf})}$   
 La entropía se calcula en función de la calidad y la temperatura  
 $s(T,X) = (m_{sf} * T + b_{sf}) + ((m_{sg} * T + b_{sg}) - (m_{sf} * T + b_{sf})) * X$   
 Para calcular una propiedad individual en vapor o líquido saturado, se usa:  $Y(T) = m * T + b$

T [°C]  
 P [kPa]  
 v [m<sup>3</sup>/kg]  
 h [kJ/kg]  
 s [kJ/kg\*K]

Para calcular la presión en función de la Temperatura se usa:  
 $P(T) = a * T^2 + b * T + c$

a	0.318775
b	12.60277
c	522.9476

Error	Presión (kPa)	hf	hg	sf	sg
Abs. Min.	0.10429	0.06952914	0.105083	3.31E-05	8.02E-05
Abs. Max.	10.130765	1.26635897	1.698679	0.000491	0.000787
Mínimo %	0.004297783	0.69524063	0.040043	0.0229024	0.008784
Máximo %	1.73531432	1.03646994	0.646677	0.1153997	0.092915

Para un rango de Temperatura de 5 a 60 °C

[APÉNDICE 5. Ajuste de Curvas de Viscosidad Dinámica R-22. Estados Saturados]

La ecuación se escribe de la forma  $\mu = m * T + b$

	líquido	vapor
m	-1.8538913	0.05362826
b	213.5675652	11.3899536

Error	Líquido	Vapor
Abs. Máx.	2.748	0.108633
Abs. Min.	0.011913	0.000749
Máximo %	1.81	0.77
Mínimo %	0.01	0.01

Para un rango de Temperatura de 4 a 50 °C

[APÉNDICE 6. Caída de Presión en Vapor/Líquido. kPa]

El número que acompaña al modelo de la unidad es la capacidad nominal en kBTU

No.	Fan Coil 24		Fan Coil 12		Cassette 18		Cassette 28		Art Dlx 12		Art C. 12	
1	3.06	2.11	2.55	2.00	2.51	1.97	3.02	2.10	2.19	1.55	3.33	2.27
2	3.13	2.40	2.66	2.27	2.61	2.23	3.06	2.38	2.17	1.76	3.18	2.60
3	3.56	2.74	2.98	2.57	2.89	2.53	3.44	2.71	2.35	1.97	3.32	2.79
4	3.60	2.77	2.99	2.60	2.88	2.54	3.44	2.73	2.28	1.95	3.23	2.75
5	3.99	3.06	3.34	2.88	3.19	2.81	3.77	3.01	2.80	2.27	4.13	3.39
6	4.45	3.33	3.70	3.12	3.50	3.04	4.11	3.23	3.02	2.42	4.42	3.58
7	4.94	3.66	4.10	3.43	3.83	3.33	4.48	3.54	3.21	2.62	4.66	3.81
8	5.82	4.10	4.57	3.73	4.09	3.59	4.66	3.78	3.38	2.79	4.69	3.86
9	5.94	4.14	4.63	3.76	4.11	3.61	4.66	3.79	3.49	2.83	4.96	4.03
10	6.01	4.11	4.62	3.70	4.05	3.55	4.55	3.71	3.44	2.78	4.84	3.92
11	5.94	4.05	4.57	3.65	4.05	3.51	4.61	3.68	3.33	2.71	4.67	3.79
12	5.71	3.89	4.43	3.52	3.96	3.40	4.43	3.54	3.50	2.72	5.08	3.97
13	5.61	3.83	4.40	3.48	3.97	3.37	4.44	3.51	3.53	2.72	4.99	3.87
14	5.55	3.82	4.42	3.51	4.03	3.39	4.51	3.54	3.47	2.70	4.83	3.77
15	5.46	3.81	4.41	3.53	4.07	3.42	4.54	3.57	3.39	2.68	4.64	3.67
16	5.41	3.84	4.45	3.59	4.13	3.48	4.54	3.61	3.47	2.75	4.58	3.64
17	5.48	3.93	4.53	3.68	4.22	3.56	4.66	3.71	3.45	2.78	4.56	3.67
18	5.50	3.97	4.57	3.73	4.24	3.60	4.68	3.74	3.43	2.79	4.53	3.68
19	5.51	3.97	4.58	3.73	4.25	3.61	4.70	3.75	3.41	2.79	4.51	3.67
20	5.52	3.98	4.58	3.73	4.26	3.61	4.72	3.76	3.40	2.78	4.50	3.67
21	5.52	3.99	4.56	3.74	4.23	3.62	4.68	3.76	3.36	2.78	4.45	3.66
22	5.60	4.01	4.60	3.74	4.25	3.62	4.70	3.76	3.37	2.77	4.49	3.67
23	5.63	4.01	4.61	3.74	4.25	3.62	4.69	3.76	3.36	2.77	4.47	3.66
24	6.03	4.32	4.95	4.03	4.56	3.89	5.04	4.04	3.66	3.00	4.93	4.02
25	6.33	4.51	5.19	4.21	4.79	4.07	5.29	4.23	3.90	3.15	5.32	4.30
26	6.61	4.72	5.43	4.40	5.00	4.25	5.54	4.42	4.04	3.28	5.51	4.46
27	6.61	4.68	5.42	4.37	5.00	4.22	5.55	4.40	4.02	3.25	5.48	4.42
28	5.52	3.89	4.52	3.63	4.17	3.51	4.61	3.65	3.34	2.70	4.55	3.67
29	5.65	3.99	4.59	3.70	4.22	3.58	4.67	3.72	3.36	2.74	4.57	3.71
30	5.74	4.02	4.63	3.72	4.23	3.59	4.67	3.73	3.32	2.73	4.50	3.67
31	5.83	4.05	4.66	3.73	4.23	3.59	4.66	3.73	3.28	2.71	4.43	3.63
32	5.89	4.09	4.67	3.74	4.21	3.60	4.63	3.74	3.22	2.70	4.31	3.58
33	6.05	4.15	4.75	3.78	4.28	3.64	4.72	3.78	3.25	2.71	4.30	3.56
34	6.14	4.18	4.79	3.79	4.27	3.65	4.70	3.78	3.22	2.70	4.23	3.52
35	6.20	4.18	4.80	3.78	4.24	3.63	4.65	3.76	3.14	2.66	4.13	3.45
36	6.65	4.51	5.18	4.09	4.58	3.92	5.02	4.06	3.39	2.88	4.45	3.72
37	6.91	4.70	5.42	4.28	4.77	4.09	5.24	4.24	3.55	3.01	4.66	3.90
38	6.00	4.06	4.74	3.72	4.17	3.55	4.58	3.68	3.14	2.62	4.14	3.42
39	5.90	4.05	4.69	3.72	4.16	3.56	4.61	3.70	3.20	2.67	4.24	3.50

No.	Fan Coil 24		Fan Coil 12		Cassette 18		Cassette 28		Art Dlx 12		Art C. 12	
40	5.85	4.07	4.67	3.74	4.18	3.59	4.67	3.75	3.24	2.70	4.36	3.61
41	5.85	4.07	4.67	3.74	4.17	3.59	4.66	3.75	3.25	2.71	4.36	3.61
42	5.87	4.06	4.69	3.74	4.20	3.59	4.69	3.74	3.28	2.71	4.40	3.62
43	5.86	4.06	4.69	3.74	4.19	3.59	4.70	3.75	3.28	2.71	4.40	3.61
44	5.88	4.10	4.70	3.77	4.21	3.62	4.73	3.79	3.27	2.73	4.38	3.63
45	6.36	4.43	5.08	4.08	4.54	3.91	5.09	4.09	3.53	2.95	4.73	3.92
46	6.44	4.47	5.16	4.12	4.62	3.96	5.19	4.14	3.58	2.98	4.81	3.96
47	6.71	4.67	5.40	4.32	4.83	4.13	5.43	4.33	3.73	3.11	5.01	4.13
48	6.94	4.84	5.61	4.48	5.01	4.29	5.64	4.49	3.85	3.21	5.15	4.26
49	6.89	4.79	5.61	4.46	5.02	4.26	5.69	4.48	3.82	3.18	5.10	4.20
50	5.63	3.95	4.60	3.68	4.16	3.53	4.76	3.73	3.18	2.64	4.27	3.52
51	5.66	4.01	4.63	3.74	4.19	3.59	4.80	3.78	3.26	2.71	4.45	3.67
52	5.66	4.02	4.64	3.75	4.19	3.60	4.79	3.79	3.34	2.75	4.64	3.80
53	5.63	4.01	4.61	3.73	4.16	3.58	4.75	3.77	3.38	2.76	4.77	3.89
54	5.59	3.98	4.58	3.72	4.14	3.57	4.72	3.75	3.43	2.77	4.94	3.99
55	5.56	3.97	4.56	3.71	4.11	3.55	4.69	3.74	3.46	2.78	5.07	4.09
56	5.53	3.95	4.53	3.69	4.08	3.54	4.65	3.72	3.51	2.80	5.23	4.19
57	6.00	4.33	4.92	4.04	4.43	3.88	5.04	4.07	3.87	3.09	5.88	4.72
58	6.28	4.52	5.15	4.22	4.64	4.05	5.26	4.25	4.14	3.25	6.41	5.09
59	6.40	4.61	5.25	4.31	4.73	4.13	5.36	4.34	4.28	3.34	6.74	5.34
60	6.33	4.55	5.21	4.25	4.69	4.08	5.33	4.29	4.32	3.33	6.90	5.41
61	5.28	3.78	4.34	3.53	3.92	3.39	4.46	3.56	3.58	2.76	5.70	4.47
62	5.30	3.82	4.35	3.57	3.94	3.43	4.49	3.61	3.56	2.78	5.68	4.48
63	5.36	3.86	4.41	3.61	3.98	3.47	4.54	3.65	3.60	2.80	5.74	4.53
64	5.41	3.90	4.44	3.64	4.02	3.50	4.58	3.68	3.62	2.82	5.78	4.57
65	5.37	3.87	4.41	3.61	3.99	3.47	4.55	3.65	3.58	2.80	5.73	4.53
66	5.43	3.90	4.46	3.65	4.03	3.50	4.61	3.69	3.59	2.81	5.75	4.56
67	5.44	3.91	4.47	3.66	4.05	3.51	4.64	3.70	3.56	2.80	5.73	4.55
68	5.43	3.93	4.46	3.67	4.04	3.52	4.65	3.72	3.49	2.78	5.66	4.54
69	5.89	4.25	4.83	3.97	4.36	3.81	5.01	4.02	3.75	3.00	6.07	4.88
70	6.21	4.46	5.09	4.16	4.59	3.99	5.27	4.21	3.96	3.15	6.40	5.12
71	6.47	4.65	5.31	4.34	4.79	4.17	5.50	4.40	4.13	3.29	6.67	5.34
72	6.39	4.60	5.25	4.30	4.74	4.13	5.45	4.35	4.12	3.27	6.61	5.28
73	5.54	3.96	4.57	3.71	4.12	3.56	4.74	3.75	3.60	2.83	5.74	4.54
74	5.41	3.89	4.45	3.64	4.02	3.49	4.62	3.68	3.51	2.77	5.58	4.44
75	5.41	3.92	4.45	3.66	4.02	3.52	4.63	3.71	3.53	2.80	5.60	4.49
76	5.41	3.92	4.45	3.66	4.02	3.52	4.63	3.71	3.53	2.80	5.60	4.49
77	5.41	3.92	4.45	3.66	4.02	3.52	4.63	3.71	3.53	2.80	5.60	4.49
78	5.45	3.92	4.48	3.66	4.05	3.51	4.66	3.71	3.56	2.80	5.64	4.48
79	5.46	3.92	4.48	3.66	4.05	3.52	4.65	3.71	3.55	2.80	5.62	4.47
80	5.64	4.08	4.64	3.81	4.18	3.66	4.80	3.86	3.66	2.91	5.80	4.65
81	5.97	4.32	4.91	4.04	4.42	3.87	5.07	4.08	3.87	3.08	6.13	4.92
82	6.26	4.53	5.14	4.23	4.63	4.06	5.30	4.28	4.05	3.22	6.43	5.16
83	6.40	4.60	5.26	4.30	4.74	4.13	5.44	4.35	4.13	3.27	6.56	5.24

No.	Fan Coil 24		Fan Coil 12		Cassette 18		Cassette 28		Art Dlx 12		Art C. 12	
84	6.44	4.61	5.30	4.31	4.78	4.13	5.50	4.36	4.14	3.27	6.55	5.21
85	5.41	3.86	4.45	3.61	4.02	3.46	4.64	3.66	3.46	2.73	5.46	4.33
86	5.43	3.90	4.47	3.64	4.04	3.50	4.65	3.69	3.49	2.76	5.49	4.38
87	5.47	3.93	4.51	3.68	4.07	3.53	4.68	3.72	3.52	2.79	5.54	4.42
88	5.44	3.93	4.48	3.68	4.04	3.53	4.64	3.72	3.50	2.79	5.51	4.43
89	5.44	3.93	4.48	3.68	4.03	3.52	4.64	3.72	3.50	2.79	5.52	4.43
90	5.49	3.93	4.51	3.67	4.05	3.52	4.65	3.71	3.53	2.79	5.57	4.44
91	5.50	3.94	4.52	3.68	4.06	3.52	4.65	3.72	3.52	2.79	5.56	4.44
92	5.89	4.25	4.86	3.98	4.35	3.81	4.98	4.01	3.76	3.01	5.95	4.79
93	6.20	4.47	5.10	4.18	4.56	4.00	5.21	4.21	3.92	3.15	6.22	5.02
94	6.51	4.66	5.35	4.37	4.78	4.17	5.46	4.39	4.12	3.29	6.54	5.24
95	6.50	4.63	5.35	4.33	4.77	4.13	5.44	4.35	4.11	3.26	6.53	5.20
96	5.40	3.84	4.45	3.59	3.97	3.43	4.54	3.61	3.43	2.71	5.43	4.31
97	5.46	3.91	4.50	3.66	4.01	3.49	4.59	3.68	3.48	2.76	5.50	4.40
98	5.46	3.91	4.50	3.66	4.01	3.49	4.59	3.68	3.48	2.76	5.50	4.39
99	5.51	3.94	4.54	3.69	4.05	3.52	4.62	3.71	3.51	2.78	5.56	4.44
100	5.52	3.94	4.54	3.69	4.05	3.52	4.62	3.71	3.51	2.78	5.55	4.44
101	5.51	3.94	4.54	3.69	4.05	3.52	4.62	3.71	3.51	2.78	5.58	4.46
102	5.52	3.94	4.54	3.69	4.04	3.52	4.61	3.70	3.51	2.78	5.59	4.46
103	5.74	4.10	4.73	3.84	4.21	3.66	4.80	3.86	3.63	2.89	5.81	4.65
104	6.02	4.31	4.96	4.04	4.42	3.85	5.04	4.05	3.80	3.03	6.09	4.88
105	6.30	4.51	5.19	4.22	4.61	4.03	5.26	4.23	3.96	3.16	6.37	5.11
106	6.48	4.64	5.34	4.34	4.75	4.14	5.43	4.36	4.05	3.24	6.49	5.22
107	6.50	4.65	5.36	4.35	4.76	4.15	5.45	4.37	4.02	3.23	6.42	5.17
108	5.48	3.89	4.52	3.64	4.02	3.47	4.61	3.66	3.40	2.70	5.42	4.33
109	5.51	3.93	4.54	3.68	4.04	3.51	4.63	3.70	3.41	2.73	5.44	4.37
110	5.55	3.96	4.58	3.71	4.08	3.54	4.68	3.73	3.44	2.76	5.48	4.41
111	5.52	3.96	4.55	3.71	4.05	3.54	4.65	3.73	3.42	2.76	5.44	4.41
112	5.52	3.96	4.55	3.71	4.06	3.54	4.65	3.74	3.41	2.76	5.44	4.41
113	5.52	3.97	4.55	3.72	4.06	3.55	4.65	3.74	3.41	2.76	5.44	4.41
114	5.56	3.97	4.59	3.72	4.08	3.55	4.68	3.74	3.43	2.76	5.47	4.40
115	5.96	4.29	4.92	4.02	4.38	3.83	5.02	4.04	3.67	2.97	5.85	4.75
116	6.24	4.49	5.16	4.22	4.59	4.02	5.25	4.23	3.84	3.12	6.13	4.98
117	6.56	4.69	5.42	4.40	4.82	4.20	5.52	4.42	4.03	3.25	6.43	5.19
118	6.49	4.65	5.37	4.37	4.79	4.16	5.50	4.39	3.99	3.22	6.35	5.13
119	5.64	4.01	4.67	3.77	4.17	3.59	4.81	3.80	3.46	2.78	5.50	4.41
120	5.51	3.94	4.57	3.70	4.09	3.53	4.73	3.74	3.35	2.71	5.29	4.28
121	5.53	3.97	4.60	3.73	4.15	3.57	4.85	3.80	3.35	2.73	5.27	4.28
122	5.49	3.97	4.57	3.74	4.13	3.57	4.82	3.80	3.33	2.73	5.24	4.28
123	5.51	3.98	4.57	3.74	4.13	3.58	4.82	3.80	3.32	2.73	5.22	4.27
124	5.57	4.01	4.62	3.77	4.16	3.61	4.86	3.83	3.34	2.75	5.26	4.30
125	5.58	4.02	4.63	3.78	4.16	3.61	4.84	3.83	3.34	2.74	5.24	4.29
126	6.08	4.39	5.05	4.13	4.54	3.94	5.27	4.18	3.63	2.99	5.70	4.67
127	6.47	4.68	5.38	4.40	4.85	4.21	5.61	4.46	3.87	3.19	6.06	4.98

No.	Fan Coil 24		Fan Coil 12		Cassette 18		Cassette 28		Art Dlx 12		Art C. 12	
128	6.56	4.71	5.45	4.43	4.91	4.24	5.67	4.48	3.92	3.21	6.15	5.01
129	6.57	4.71	5.46	4.43	4.90	4.23	5.64	4.47	3.93	3.22	6.16	5.02
130	5.47	3.91	4.54	3.68	4.07	3.51	4.69	3.71	3.27	2.67	5.13	4.17
131	5.57	3.98	4.63	3.75	4.15	3.58	4.77	3.78	3.34	2.72	5.24	4.26
132	5.54	3.98	4.60	3.75	4.12	3.58	4.73	3.77	3.32	2.73	5.21	4.26
133	5.54	3.99	4.60	3.74	4.12	3.57	4.73	3.77	3.33	2.73	5.21	4.25
134	5.56	3.99	4.60	3.75	4.12	3.57	4.73	3.77	3.32	2.73	5.19	4.25
135	5.60	4.02	4.64	3.78	4.15	3.61	4.77	3.80	3.35	2.75	5.24	4.28
136	5.60	4.02	4.64	3.78	4.15	3.61	4.76	3.80	3.35	2.75	5.23	4.28
137	5.93	4.27	4.92	4.01	4.40	3.83	5.05	4.04	3.54	2.91	5.52	4.52
138	6.12	4.40	5.07	4.13	4.53	3.94	5.20	4.16	3.63	3.00	5.67	4.65
139	6.53	4.70	5.41	4.41	4.83	4.21	5.54	4.44	3.87	3.19	6.03	4.95
140	6.62	4.73	5.48	4.44	4.89	4.23	5.60	4.46	3.92	3.22	6.11	4.99
141	6.62	4.73	5.48	4.44	4.88	4.23	5.59	4.46	3.93	3.22	6.12	4.99
142	5.50	3.92	4.56	3.68	4.06	3.51	4.65	3.70	3.27	2.67	5.10	4.15
143	5.61	3.99	4.64	3.75	4.13	3.57	4.72	3.76	3.35	2.73	5.21	4.23
144	5.57	3.99	4.61	3.75	4.11	3.57	4.69	3.76	3.33	2.73	5.18	4.23
145	5.63	4.03	4.65	3.78	4.14	3.60	4.73	3.80	3.35	2.75	5.21	4.26
146	5.64	4.04	4.66	3.79	4.14	3.61	4.73	3.80	3.34	2.75	5.19	4.25
147	5.65	4.04	4.66	3.79	4.14	3.61	4.73	3.80	3.34	2.75	5.19	4.25
148	5.66	4.04	4.66	3.79	4.14	3.61	4.72	3.80	3.35	2.75	5.17	4.24
149	6.21	4.46	5.11	4.18	4.52	3.97	5.15	4.18	3.64	3.02	5.61	4.63
150	6.73	4.78	5.51	4.46	4.85	4.25	5.51	4.46	3.87	3.21	5.96	4.91
151	6.88	4.86	5.59	4.52	4.90	4.29	5.54	4.50	3.88	3.23	5.94	4.91
152	6.85	4.81	5.56	4.47	4.87	4.24	5.51	4.45	3.86	3.20	5.92	4.86
153	5.70	3.99	4.63	3.71	4.05	3.52	4.58	3.69	3.22	2.66	4.93	4.04
154	5.79	4.07	4.69	3.78	4.10	3.59	4.61	3.75	3.27	2.71	5.02	4.13
155	5.80	4.07	4.70	3.78	4.10	3.59	4.61	3.75	3.27	2.71	5.00	4.12
156	5.81	4.07	4.70	3.78	4.10	3.59	4.61	3.75	3.26	2.71	4.99	4.11
157	5.86	4.11	4.74	3.81	4.14	3.62	4.66	3.79	3.29	2.73	5.01	4.13
158	5.87	4.11	4.74	3.81	4.13	3.62	4.66	3.79	3.28	2.73	5.00	4.12
159	5.87	4.11	4.74	3.81	4.13	3.62	4.65	3.78	3.29	2.73	5.02	4.14
160	6.21	4.36	5.02	4.04	4.37	3.83	4.92	4.01	3.48	2.89	5.32	4.39
161	6.41	4.49	5.17	4.16	4.50	3.95	5.06	4.13	3.58	2.98	5.46	4.51
162	6.76	4.71	5.45	4.36	4.74	4.14	5.33	4.33	3.77	3.12	5.76	4.73
163	6.92	4.83	5.58	4.47	4.86	4.24	5.46	4.43	3.87	3.20	5.90	4.84
164	6.90	4.82	5.57	4.47	4.86	4.24	5.48	4.44	3.87	3.20	5.90	4.84
165	5.79	4.03	4.68	3.74	4.09	3.55	4.61	3.72	3.27	2.69	4.99	4.08
166	5.80	4.07	4.69	3.77	4.10	3.58	4.62	3.75	3.27	2.71	5.00	4.11
167	5.81	4.07	4.69	3.77	4.10	3.59	4.63	3.76	3.26	2.71	4.98	4.10
168	5.88	4.11	4.74	3.81	4.14	3.62	4.67	3.79	3.28	2.73	5.01	4.13
169	5.89	4.12	4.74	3.81	4.14	3.62	4.67	3.79	3.27	2.72	5.00	4.13
170	5.90	4.12	4.75	3.81	4.14	3.62	4.67	3.79	3.27	2.72	4.99	4.12
171	6.27	4.38	5.04	4.05	4.38	3.84	4.94	4.02	3.45	2.88	5.25	4.35

No.	Fan Coil 24		Fan Coil 12		Cassette 18		Cassette 28		Art Dlx 12		Art C. 12	
172	6.70	4.68	5.38	4.33	4.68	4.11	5.27	4.30	3.68	3.08	5.60	4.64
173	7.05	4.90	5.66	4.53	4.93	4.30	5.56	4.50	3.87	3.22	5.88	4.85
174	6.95	4.84	5.59	4.48	4.87	4.25	5.50	4.45	3.83	3.19	5.84	4.81
175	6.92	4.83	5.58	4.47	4.87	4.25	5.51	4.45	3.84	3.19	5.86	4.82
176	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
177	12.42	9.87	9.88	9.07	8.68	8.66	9.82	9.08	6.90	6.53	10.78	10.09
178	16.99	12.54	13.50	11.52	11.87	11.01	13.39	11.52	9.52	8.32	14.99	12.96
179	16.44	11.62	13.18	10.73	11.49	10.21	12.88	10.66	9.05	7.65	13.95	11.63
180	15.30	10.58	12.41	9.83	11.03	9.40	12.42	9.83	8.82	7.12	13.45	10.77
181	14.60	10.26	12.04	9.61	10.94	9.23	12.42	9.69	8.78	7.04	13.32	10.60
182	14.59	10.33	12.05	9.68	10.97	9.31	12.45	9.77	8.80	7.10	13.33	10.68
183	14.62	10.30	12.07	9.66	11.01	9.29	12.50	9.76	8.93	7.13	13.43	10.66
184	14.19	9.96	11.73	9.34	10.73	8.99	12.17	9.44	8.78	6.94	13.10	10.31
185	14.10	9.79	11.67	9.18	10.70	8.85	12.15	9.30	8.77	6.84	13.04	10.13
186	2.26	1.57	1.88	1.47	1.73	1.42	1.97	1.49	1.43	1.10	2.11	1.64
187	3.24	2.38	2.69	2.23	2.48	2.15	2.82	2.26	2.05	1.67	3.04	2.49
188	3.65	2.74	3.03	2.57	2.79	2.48	3.17	2.61	2.30	1.92	3.43	2.88
189	3.69	2.79	3.05	2.61	2.80	2.52	3.18	2.64	2.31	1.95	3.46	2.93
190	4.07	3.07	3.36	2.88	3.08	2.77	3.49	2.91	2.54	2.15	3.81	3.23
191	4.66	3.46	3.84	3.24	3.49	3.11	3.95	3.26	2.88	2.41	4.33	3.63
192	5.12	3.79	4.23	3.55	3.84	3.41	4.34	3.57	3.15	2.63	4.73	3.95
193	5.60	4.12	4.64	3.86	4.19	3.70	4.74	3.88	3.41	2.84	5.13	4.27
194	5.61	4.09	4.66	3.85	4.19	3.68	4.74	3.86	3.37	2.81	5.07	4.21
195	5.59	4.07	4.66	3.84	4.16	3.66	4.69	3.83	3.31	2.77	4.99	4.16
196	5.62	4.08	4.69	3.85	4.18	3.67	4.71	3.84	3.27	2.76	4.97	4.15
197	6.04	4.38	5.03	4.13	4.48	3.94	5.05	4.12	3.47	2.94	5.31	4.45
198	6.25	4.51	5.20	4.25	4.64	4.05	5.23	4.24	3.59	3.02	5.49	4.58
199	6.70	4.81	5.58	4.54	4.99	4.32	5.63	4.53	3.84	3.22	5.85	4.86
200	6.65	4.76	5.55	4.48	4.97	4.28	5.63	4.49	3.82	3.18	5.80	4.79
201	4.51	3.21	3.76	3.02	3.38	2.88	3.84	3.03	2.58	2.14	3.92	3.22
202	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
203	11.40	9.11	9.32	8.50	8.36	8.13	9.56	8.57	6.46	6.06	10.01	9.28
204	16.51	12.08	13.42	11.23	12.06	10.77	13.69	11.31	9.40	8.06	14.48	12.27
205	15.72	11.34	13.07	10.69	11.78	10.22	13.42	10.74	8.90	7.55	13.39	11.17
206	14.92	10.43	12.44	9.83	11.28	9.42	12.93	9.93	8.58	7.00	12.68	10.19
207	14.56	10.22	12.20	9.65	11.18	9.27	12.87	9.80	8.44	6.88	12.33	9.91
208	14.44	10.20	12.09	9.63	11.05	9.24	12.66	9.75	8.47	6.90	12.43	10.01
209	14.46	10.17	12.11	9.60	11.07	9.22	12.67	9.72	8.61	6.94	12.65	10.08
210	14.20	9.93	11.89	9.38	10.88	9.01	12.44	9.49	8.49	6.79	12.44	9.85
211	2.35	1.62	1.97	1.53	1.81	1.47	2.08	1.55	1.42	1.11	2.07	1.62
212	3.33	2.44	2.77	2.29	2.56	2.21	2.94	2.33	2.03	1.68	2.98	2.47
213	3.70	2.75	3.11	2.60	2.82	2.49	3.20	2.61	2.20	1.87	3.25	2.75
214	3.69	2.74	3.08	2.58	2.77	2.47	3.13	2.59	2.26	1.90	3.40	2.85
215	4.42	3.17	3.62	2.96	3.22	2.82	3.60	2.94	2.55	2.14	3.69	3.07

No.	Fan Coil 24		Fan Coil 12		Cassette 18		Cassette 28		Art Dlx 12		Art C. 12	
216	4.80	3.38	3.94	3.17	3.47	3.01	3.87	3.14	2.71	2.26	3.88	3.21
217	5.33	3.75	4.38	3.51	3.83	3.33	4.26	3.47	2.96	2.48	4.21	3.50
218	5.82	4.05	4.76	3.79	4.12	3.58	4.57	3.72	3.19	2.67	4.57	3.78
219	5.85	4.05	4.78	3.78	4.13	3.57	4.60	3.72	3.26	2.70	4.62	3.79
220	5.84	4.01	4.79	3.75	4.10	3.53	4.52	3.66	3.25	2.67	4.58	3.73
221	5.83	3.96	4.76	3.70	4.05	3.47	4.45	3.60	3.21	2.62	4.54	3.67
222	5.66	3.79	4.53	3.50	3.93	3.32	4.31	3.44	3.25	2.57	4.55	3.59
223	5.58	3.74	4.49	3.46	3.92	3.29	4.31	3.41	3.29	2.57	4.52	3.52
224	5.50	3.73	4.44	3.46	3.91	3.30	4.30	3.42	3.38	2.63	4.51	3.51
225	5.72	3.90	4.61	3.61	4.05	3.44	4.49	3.57	3.42	2.70	4.49	3.55
226	5.77	3.96	4.64	3.66	4.13	3.50	4.62	3.65	3.33	2.70	4.33	3.49
227	5.76	3.99	4.64	3.69	4.15	3.53	4.64	3.69	3.33	2.72	4.34	3.51
228	5.76	3.98	4.63	3.68	4.15	3.53	4.62	3.68	3.35	2.72	4.35	3.52
229	5.73	3.99	4.60	3.68	4.12	3.53	4.60	3.68	3.32	2.72	4.32	3.52
230	5.76	3.98	4.63	3.68	4.14	3.53	4.61	3.68	3.35	2.72	4.38	3.54
231	5.75	3.98	4.61	3.67	4.14	3.52	4.59	3.67	3.36	2.72	4.45	3.59
232	5.77	3.98	4.61	3.66	4.13	3.52	4.56	3.66	3.37	2.72	4.50	3.63
233	5.82	3.99	4.60	3.65	4.11	3.51	4.52	3.64	3.38	2.73	4.59	3.68
234	5.88	4.01	4.61	3.65	4.08	3.50	4.48	3.63	3.39	2.72	4.66	3.74
235	5.93	4.02	4.61	3.64	4.06	3.49	4.44	3.61	3.40	2.73	4.73	3.79
236	6.10	4.12	4.70	3.71	4.12	3.56	4.49	3.67	3.47	2.78	4.89	3.91
237	6.57	4.41	5.02	3.96	4.38	3.80	4.76	3.92	3.73	2.98	5.31	4.24
238	6.59	4.43	5.06	3.98	4.42	3.82	4.81	3.94	3.86	3.03	5.58	4.39
239	5.81	3.91	4.47	3.53	3.93	3.39	4.28	3.50	3.51	2.72	5.15	4.02
240	5.71	3.90	4.42	3.53	3.91	3.39	4.27	3.51	3.61	2.78	5.33	4.15



[APÉNDICE 7. Transferencia de Calor]

No. Medición	Compresor Inversor (W)	Compresor STD (W)	Tubería (W/m)
1	25.41	4.55	9.58
2	25.41	4.55	9.48
3	23.99	3.26	9.48
4	23.99	3.26	9.04
5	23.99	3.26	8.80
6	23.99	3.26	8.81
7	23.99	3.26	8.92
8	23.99	3.26	8.81
9	23.99	3.26	9.15
10	23.99	3.26	9.04
11	23.99	3.26	8.92
12	23.99	3.26	9.15
13	23.99	3.26	9.15
14	25.41	4.55	9.04
15	23.99	3.26	9.16
16	23.99	3.26	8.92
17	25.41	4.55	9.15
18	25.41	4.55	9.38
19	25.41	4.55	9.27
20	25.41	4.55	9.38
21	23.99	3.26	9.38
22	23.99	3.26	9.27
23	23.99	3.26	9.26
24	23.99	3.26	9.38
25	23.99	3.26	9.61
26	23.99	3.26	9.38
27	23.99	3.26	9.61
28	25.41	4.55	9.95
29	25.41	4.55	9.72
30	25.41	4.55	9.95
31	25.41	4.55	10.06
32	25.41	4.55	10.18
33	25.41	4.55	10.18
34	25.41	4.55	10.18
35	25.41	4.55	10.18
36	25.41	4.55	10.06
37	25.41	4.55	10.29
38	25.41	4.55	10.29
39	25.41	4.55	10.40
40	25.41	4.55	10.51
41	25.41	4.55	10.07
42	25.41	4.55	10.07

No. Medición	Compresor Inversor (W)	Compresor STD (W)	Tubería (W/m)
43	25.41	4.55	10.06
44	25.41	4.55	10.07
45	23.99	3.26	10.06
46	23.99	3.26	10.18
47	23.99	3.26	10.06
48	23.99	3.26	10.07
49	23.99	3.26	10.06
50	23.99	3.26	10.06
51	23.99	3.26	10.07
52	25.41	4.55	10.30
53	25.41	4.55	10.30
54	23.99	3.26	10.30
55	23.99	3.26	10.06
56	23.99	3.26	10.06
57	23.99	3.26	10.18
58	23.99	3.26	10.06
59	23.99	3.26	10.18
60	23.99	3.26	10.18
61	23.99	3.26	10.18
62	23.99	3.26	10.18
63	23.99	3.26	10.18
64	23.99	3.26	10.06
65	23.99	3.26	10.18
66	23.99	3.26	10.18
67	23.99	3.26	10.29
68	23.99	3.26	10.06
69	23.99	3.26	9.95
70	23.99	3.26	9.82
71	23.99	3.26	9.60
72	23.99	3.26	9.83
73	23.99	3.26	10.06
74	22.93	2.31	9.95
75	22.93	2.31	9.82
76	22.93	2.31	9.83
77	22.93	2.31	9.95
78	22.93	2.31	9.95
79	22.93	2.31	10.06
80	22.93	2.31	10.18
81	23.99	3.26	10.18
82	23.99	3.26	10.29
83	23.99	3.26	10.29
84	23.99	3.26	10.29
85	23.99	3.26	10.06
86	23.99	3.26	10.51

No. Medición	Compresor Inversor (W)	Compresor STD (W)	Tubería (W/m)
87	23.99	3.26	10.62
88	23.99	3.26	10.62
89	23.99	3.26	10.74
90	23.99	3.26	9.45
91	23.99	3.26	10.30
92	23.99	3.26	10.19
93	22.93	2.31	9.96
94	22.93	2.31	10.06
95	22.93	2.31	10.06
96	22.93	2.31	9.95
97	23.99	3.26	10.52
98	23.99	3.26	10.41
99	23.99	3.26	10.64
100	23.99	3.26	10.41
101	23.99	3.26	10.18
102	23.99	3.26	10.41
103	25.41	4.55	10.41
104	25.41	4.55	10.52
105	25.41	4.55	10.41
106	25.41	4.55	10.29
107	23.99	3.26	10.29
108	23.99	3.26	10.51
109	23.99	3.26	10.39
110	23.99	3.26	10.51
111	23.99	3.26	10.62
112	23.99	3.26	10.62
113	23.99	3.26	10.51
114	23.99	3.26	10.62
115	23.99	3.26	10.62
116	25.41	4.55	10.62
117	25.41	4.55	10.74
118	25.41	4.55	10.74
119	25.41	4.55	10.62
120	25.41	4.55	10.62
121	26.47	5.53	10.51
122	26.47	5.53	10.28
123	26.47	5.53	10.39
124	25.41	4.55	10.39
125	25.41	4.55	10.39
126	25.41	4.55	10.28
127	23.99	3.26	10.51
128	23.99	3.26	10.62
129	23.99	3.26	9.34
130	23.99	3.26	9.34

No. Medición	Compresor Inversor (W)	Compresor STD (W)	Tubería (W/m)
131	23.99	3.26	9.34
132	23.99	3.26	9.11
133	23.99	3.26	9.11
134	23.99	3.26	9.22
135	23.99	3.26	9.11
136	23.99	3.26	8.77
137	23.99	3.26	8.66
138	23.99	3.26	9.74
139	23.99	3.26	9.51
140	23.99	3.26	9.62
141	22.93	2.31	9.51
142	22.93	2.31	9.39
143	22.93	2.31	9.51
144	22.93	2.31	9.74
145	22.93	2.31	9.85
146	22.93	2.31	9.73
147	22.93	2.31	9.39
148	22.93	2.31	9.39
149	22.93	2.31	9.51
150	22.93	2.31	9.73
151	23.99	3.26	9.85
152	23.99	3.26	9.74
153	23.99	3.26	9.21
154	23.99	3.26	8.98
155	22.93	2.31	10.60
156	22.93	2.31	10.48
157	22.93	2.31	10.60
158	22.93	2.31	10.60
159	21.52	1.07	10.71
160	21.52	1.07	10.71
161	21.52	1.07	10.48
162	21.52	1.07	10.48
163	21.52	1.07	10.59
164	21.52	1.07	10.71
165	21.52	1.07	10.48
166	21.52	1.07	9.83
167	22.93	2.31	9.95
168	22.93	2.31	9.95
169	21.52	1.07	9.83
170	21.52	1.07	9.82
171	21.52	1.07	10.05
172	22.93	2.31	9.93
173	22.93	2.31	9.71
174	22.93	2.31	9.48

No. Medición	Compresor Inversor (W)	Compresor STD (W)	Tubería (W/m)
175	22.93	2.31	9.47
176	22.93	2.31	9.36
177	21.52	1.07	9.02
178	21.52	1.07	9.02
179	20.47	0.18	9.02
180	21.52	1.07	8.79
181	21.52	1.07	8.91
182	20.47	0.18	9.02
183	15.98	-3.26	8.90
184	14.60	-4.56	9.47
185	14.60	-4.56	9.47
186	15.98	-3.26	9.17
187	15.98	-3.26	9.06
188	15.98	-3.26	8.72
189	15.98	-3.26	8.84
190	15.98	-3.26	8.83
191	15.98	-3.26	8.72
192	17.01	-2.30	8.72
193	8.66	-2.62	8.61
194	8.66	-2.62	8.73
195	8.66	-2.62	7.98
196	8.66	-2.62	8.09
197	9.97	-1.37	8.09
198	9.97	-1.37	8.32
199	9.97	-1.37	8.20
200	9.97	-1.37	8.43
201	9.97	-1.37	8.54
202	9.97	-1.37	8.43
203	8.91	-5.39	8.83
204	7.61	-6.73	8.83
205	7.61	-6.73	9.05
206	8.91	-5.39	9.05
207	8.91	-5.39	9.28
208	9.89	-4.40	9.62
209	9.89	-4.40	9.96
210	9.89	-4.40	10.08
211	9.89	-4.40	10.42
212	9.89	-4.40	10.08
213	8.01	-2.86	9.97
214	8.01	-2.86	9.97
215	8.01	-2.86	9.97
216	7.04	-3.82	9.74
217	8.01	-2.86	9.85
218	7.04	-3.82	9.85

No. Medición	Compresor Inversor (W)	Compresor STD (W)	Tubería (W/m)
219	7.04	-3.82	9.51
220	7.04	-3.82	9.62
221	5.76	-5.13	9.62
222	5.76	-5.13	9.74
223	6.96	-4.17	9.50
224	6.96	-4.17	9.62
225	6.96	-4.17	8.64
226	6.96	-4.17	8.86
227	6.96	-4.17	8.87
228	6.96	-4.17	8.87
229	6.96	-4.17	8.98
230	6.96	-4.17	8.98
231	6.96	-4.17	9.20
232	6.96	-4.17	9.21
233	8.60	-2.62	10.71
234	8.60	-2.62	10.82
235	8.60	-2.62	10.82
236	8.60	-2.62	11.06
237	8.60	-2.62	11.05
238	8.60	-2.62	11.17
239	8.60	-2.62	11.06
240	8.60	-2.62	10.94

[APÉNDICE 8. Tabla de Irreversibilidades en las Válvulas de Expansión]

No.	Válvula 1		Válvula 2		Válvula 3		Válvula 4		Válvula 5		Válvula 6	
	$i$ (kJ/kg)	$i$ (kW)	$i$ (kJ/kg)	$i$ (kW)	$i$ (kJ/kg)	$i$ (kW)	$i$ (kJ/kg)	$i$ (kW)	$i$ (kJ/kg)	$i$ (kW)	$i$ (kJ/kg)	$i$ (kW)
1	2.43	0.016	2.49	0.039	2.74	0.025	2.43	0.012	2.74	0.033	3.08	0.014
2	2.31	0.016	2.31	0.039	2.49	0.025	2.19	0.011	2.37	0.030	2.43	0.012
3	2.78	0.019	2.65	0.051	2.91	0.029	2.65	0.015	2.78	0.039	2.84	0.013
4	3.08	0.022	2.94	0.058	3.21	0.031	3.01	0.016	3.08	0.043	3.14	0.013
5	3.07	0.024	2.56	0.052	3.14	0.037	2.94	0.018	3.01	0.043	3.07	0.014
6	3.10	0.026	2.46	0.054	3.24	0.039	2.97	0.018	3.04	0.044	3.17	0.014
7	3.11	0.028	2.53	0.059	3.18	0.039	2.98	0.019	3.11	0.047	3.18	0.015
8	3.10	0.027	2.71	0.078	3.31	0.038	3.04	0.021	3.10	0.043	3.17	0.013
9	3.17	0.027	2.91	0.085	3.38	0.041	3.17	0.022	3.17	0.043	3.24	0.012
10	3.42	0.028	3.01	0.091	3.56	0.042	3.35	0.023	3.42	0.044	3.49	0.013
11	3.40	0.026	3.26	0.097	3.68	0.043	3.47	0.022	3.47	0.047	3.61	0.013
12	3.49	0.027	3.28	0.093	3.78	0.047	3.56	0.024	3.56	0.044	3.71	0.016
13	3.57	0.028	3.29	0.091	3.79	0.046	3.57	0.026	3.57	0.044	3.79	0.018
14	3.64	0.030	3.22	0.086	3.79	0.044	3.50	0.025	3.57	0.045	3.79	0.020
15	3.52	0.031	3.10	0.080	3.67	0.041	3.38	0.025	3.45	0.044	3.67	0.022
16	3.38	0.032	3.17	0.079	3.60	0.038	3.31	0.027	3.38	0.042	3.52	0.024
17	3.36	0.033	3.15	0.078	3.57	0.038	3.29	0.026	3.36	0.043	3.50	0.025
18	3.36	0.035	3.15	0.078	3.50	0.037	3.22	0.025	3.29	0.042	3.43	0.024
19	3.29	0.034	3.15	0.078	3.50	0.037	3.22	0.025	3.29	0.043	3.36	0.024
20	3.29	0.034	3.15	0.078	3.50	0.037	3.22	0.025	3.29	0.043	3.36	0.024
21	3.35	0.034	3.21	0.081	3.49	0.037	3.21	0.024	3.28	0.043	3.42	0.024
22	3.35	0.034	3.14	0.081	3.56	0.038	3.28	0.024	3.28	0.042	3.42	0.024
23	3.24	0.032	3.10	0.080	3.45	0.036	3.17	0.024	3.24	0.042	3.38	0.023
24	3.18	0.033	3.05	0.082	3.39	0.039	3.18	0.025	3.18	0.043	3.32	0.024
25	3.25	0.035	3.11	0.086	3.46	0.042	3.18	0.025	3.18	0.044	3.32	0.024
26	3.38	0.037	3.17	0.090	3.52	0.043	3.24	0.026	3.31	0.047	3.45	0.025
27	3.43	0.037	3.29	0.092	3.65	0.045	3.36	0.026	3.36	0.048	3.50	0.025
28	3.42	0.033	3.28	0.083	3.70	0.041	3.42	0.024	3.42	0.044	3.63	0.024
29	3.31	0.032	3.17	0.083	3.52	0.039	3.24	0.023	3.31	0.042	3.45	0.023
30	3.31	0.031	3.17	0.085	3.52	0.038	3.24	0.022	3.24	0.041	3.45	0.022
31	3.25	0.030	3.11	0.086	3.46	0.037	3.18	0.022	3.25	0.040	3.39	0.021
32	3.25	0.030	3.11	0.088	3.39	0.035	3.18	0.022	3.18	0.039	3.32	0.020
33	3.25	0.029	3.11	0.090	3.46	0.035	3.18	0.022	3.18	0.040	3.32	0.020
34	3.25	0.029	3.11	0.092	3.46	0.035	3.18	0.022	3.25	0.040	3.32	0.019

No.	Válvula 1		Válvula 2		Válvula 3		Válvula 4		Válvula 5		Válvula 6	
	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)
35	3.25	0.029	3.11	0.094	3.46	0.034	3.18	0.021	3.25	0.039	3.32	0.019
36	3.31	0.032	3.10	0.097	3.52	0.036	3.31	0.023	3.31	0.041	3.38	0.020
37	3.38	0.035	3.17	0.100	3.52	0.037	3.31	0.024	3.38	0.043	3.45	0.020
38	3.43	0.034	3.22	0.092	3.64	0.036	3.36	0.022	3.43	0.041	3.50	0.019
39	3.31	0.032	3.17	0.090	3.52	0.036	3.31	0.023	3.38	0.042	3.45	0.018
40	3.31	0.032	3.17	0.089	3.45	0.036	3.24	0.022	3.31	0.043	3.45	0.018
41	3.24	0.031	3.10	0.087	3.45	0.036	3.24	0.022	3.24	0.042	3.38	0.018
42	3.31	0.032	3.10	0.086	3.52	0.037	3.24	0.022	3.31	0.043	3.38	0.018
43	3.31	0.032	3.17	0.088	3.52	0.037	3.24	0.022	3.31	0.043	3.38	0.017
44	3.31	0.032	3.17	0.088	3.45	0.036	3.24	0.022	3.31	0.044	3.38	0.017
45	3.31	0.034	3.10	0.091	3.45	0.038	3.24	0.023	3.31	0.046	3.38	0.018
46	3.36	0.035	3.15	0.092	3.57	0.040	3.29	0.024	3.36	0.047	3.43	0.018
47	3.36	0.037	3.22	0.096	3.57	0.040	3.36	0.025	3.36	0.049	3.50	0.019
48	3.36	0.038	3.22	0.097	3.57	0.041	3.36	0.025	3.36	0.050	3.50	0.019
49	3.36	0.039	3.22	0.095	3.65	0.041	3.36	0.025	3.36	0.052	3.57	0.019
50	3.31	0.034	3.17	0.083	3.52	0.036	3.31	0.022	3.31	0.048	3.52	0.017
51	3.18	0.033	3.05	0.080	3.39	0.037	3.18	0.021	3.18	0.046	3.32	0.016
52	3.13	0.032	3.00	0.078	3.34	0.038	3.13	0.021	3.13	0.045	3.27	0.015
53	3.18	0.033	3.04	0.079	3.39	0.040	3.11	0.020	3.18	0.045	3.32	0.016
54	3.24	0.033	3.10	0.080	3.45	0.042	3.17	0.020	3.24	0.046	3.38	0.016
55	3.31	0.034	3.10	0.080	3.45	0.044	3.17	0.020	3.24	0.045	3.38	0.016
56	3.31	0.034	3.10	0.080	3.45	0.046	3.17	0.020	3.31	0.046	3.38	0.015
57	3.24	0.034	3.10	0.084	3.38	0.049	3.17	0.020	3.24	0.047	3.31	0.016
58	3.36	0.036	3.15	0.087	3.50	0.054	3.22	0.021	3.36	0.049	3.43	0.017
59	3.36	0.037	3.22	0.090	3.50	0.056	3.29	0.021	3.36	0.050	3.50	0.017
60	3.43	0.037	3.22	0.089	3.57	0.059	3.36	0.021	3.43	0.051	3.50	0.017
61	3.43	0.034	3.22	0.080	3.57	0.052	3.36	0.019	3.43	0.046	3.57	0.015
62	3.36	0.033	3.22	0.080	3.50	0.051	3.29	0.018	3.36	0.046	3.50	0.015
63	3.18	0.031	3.05	0.076	3.39	0.050	3.18	0.018	3.18	0.044	3.32	0.014
64	3.18	0.031	3.05	0.077	3.39	0.050	3.18	0.017	3.18	0.044	3.32	0.014
65	3.20	0.032	3.00	0.075	3.34	0.049	3.14	0.017	3.20	0.044	3.27	0.014
66	3.20	0.032	3.07	0.077	3.34	0.050	3.14	0.017	3.20	0.045	3.27	0.014
67	3.20	0.032	3.07	0.078	3.34	0.050	3.14	0.016	3.20	0.045	3.27	0.014
68	3.25	0.033	3.05	0.077	3.32	0.049	3.18	0.015	3.18	0.046	3.32	0.014
69	3.18	0.033	3.05	0.081	3.32	0.051	3.18	0.016	3.18	0.048	3.32	0.015
70	3.31	0.036	3.10	0.085	3.45	0.055	3.24	0.017	3.31	0.050	3.38	0.015
71	3.36	0.037	3.15	0.088	3.50	0.057	3.29	0.018	3.36	0.053	3.43	0.016
72	3.36	0.037	3.22	0.089	3.50	0.056	3.36	0.018	3.36	0.052	3.50	0.016
73	3.43	0.035	3.22	0.082	3.57	0.053	3.36	0.018	3.36	0.048	3.50	0.015



No.	Válvula 1		Válvula 2		Válvula 3		Válvula 4		Válvula 5		Válvula 6	
	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)
74	3.31	0.033	3.18	0.080	3.46	0.050	3.25	0.017	3.31	0.047	3.46	0.014
75	3.25	0.032	3.11	0.079	3.39	0.049	3.18	0.017	3.25	0.047	3.39	0.014
76	3.19	0.032	3.05	0.077	3.33	0.048	3.12	0.017	3.19	0.046	3.33	0.014
77	3.19	0.032	3.05	0.077	3.33	0.048	3.12	0.017	3.19	0.046	3.33	0.014
78	3.14	0.031	3.00	0.076	3.35	0.049	3.14	0.017	3.14	0.045	3.28	0.014
79	3.21	0.032	3.00	0.076	3.35	0.049	3.14	0.017	3.14	0.045	3.28	0.014
80	3.25	0.034	3.05	0.079	3.33	0.049	3.19	0.017	3.19	0.046	3.33	0.014
81	3.29	0.035	3.15	0.084	3.43	0.053	3.22	0.018	3.29	0.049	3.43	0.015
82	3.29	0.036	3.15	0.087	3.43	0.054	3.29	0.019	3.29	0.050	3.43	0.015
83	3.38	0.038	3.17	0.088	3.45	0.055	3.31	0.019	3.31	0.051	3.45	0.016
84	3.38	0.037	3.17	0.088	3.52	0.056	3.31	0.019	3.38	0.053	3.52	0.016
85	3.32	0.033	3.11	0.078	3.46	0.049	3.25	0.017	3.25	0.047	3.46	0.014
86	3.20	0.032	3.07	0.077	3.34	0.048	3.14	0.017	3.20	0.046	3.34	0.013
87	3.18	0.032	3.05	0.077	3.39	0.049	3.18	0.017	3.18	0.046	3.39	0.014
88	3.24	0.033	3.10	0.079	3.38	0.048	3.24	0.017	3.24	0.047	3.38	0.014
89	3.24	0.033	3.10	0.079	3.38	0.049	3.24	0.017	3.24	0.046	3.38	0.014
90	3.25	0.033	3.05	0.078	3.39	0.049	3.18	0.017	3.18	0.045	3.32	0.013
91	3.25	0.033	3.11	0.079	3.39	0.049	3.18	0.017	3.25	0.046	3.32	0.013
92	3.24	0.036	3.10	0.082	3.38	0.051	3.24	0.017	3.24	0.048	3.38	0.014
93	3.29	0.037	3.15	0.086	3.43	0.053	3.29	0.018	3.29	0.050	3.43	0.015
94	3.36	0.039	3.15	0.089	3.51	0.056	3.29	0.018	3.36	0.052	3.51	0.015
95	3.31	0.038	3.18	0.089	3.53	0.056	3.31	0.018	3.39	0.052	3.46	0.015
96	3.31	0.035	3.18	0.080	3.53	0.050	3.31	0.017	3.31	0.046	3.53	0.014
97	3.25	0.034	3.11	0.079	3.39	0.049	3.18	0.017	3.25	0.045	3.39	0.013
98	3.14	0.033	3.07	0.078	3.34	0.048	3.14	0.016	3.14	0.044	3.34	0.013
99	3.14	0.033	3.00	0.077	3.34	0.048	3.14	0.016	3.14	0.044	3.27	0.013
100	3.14	0.033	3.00	0.077	3.34	0.048	3.14	0.016	3.14	0.044	3.27	0.013
101	3.20	0.034	3.00	0.077	3.34	0.048	3.14	0.016	3.14	0.044	3.27	0.013
102	3.20	0.034	3.00	0.077	3.34	0.049	3.14	0.016	3.20	0.044	3.27	0.013
103	3.13	0.034	3.00	0.078	3.34	0.050	3.13	0.016	3.13	0.044	3.27	0.013
104	3.18	0.036	3.04	0.082	3.39	0.052	3.18	0.016	3.18	0.046	3.32	0.014
105	3.31	0.038	3.10	0.086	3.45	0.054	3.31	0.017	3.31	0.049	3.45	0.015
106	3.31	0.039	3.17	0.089	3.45	0.055	3.31	0.017	3.31	0.051	3.45	0.015
107	3.36	0.040	3.22	0.090	3.50	0.055	3.36	0.017	3.36	0.052	3.50	0.015
108	3.31	0.035	3.17	0.080	3.52	0.050	3.31	0.016	3.31	0.046	3.45	0.013
109	3.14	0.034	3.00	0.076	3.34	0.048	3.14	0.015	3.20	0.045	3.34	0.013
110	3.14	0.034	3.00	0.077	3.34	0.048	3.14	0.015	3.14	0.044	3.27	0.013
111	3.18	0.034	3.05	0.078	3.32	0.048	3.18	0.015	3.18	0.045	3.32	0.013
112	3.18	0.034	3.05	0.078	3.32	0.048	3.18	0.015	3.18	0.045	3.32	0.013

No.	Válvula 1		Válvula 2		Válvula 3		Válvula 4		Válvula 5		Válvula 6	
	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)
113	3.24	0.035	3.10	0.079	3.38	0.049	3.24	0.015	3.24	0.046	3.38	0.013
114	3.24	0.035	3.10	0.079	3.45	0.050	3.24	0.015	3.24	0.046	3.38	0.013
115	3.24	0.037	3.10	0.083	3.38	0.051	3.24	0.016	3.24	0.048	3.31	0.014
116	3.24	0.038	3.10	0.085	3.38	0.052	3.24	0.016	3.24	0.049	3.38	0.014
117	3.29	0.040	3.15	0.088	3.50	0.055	3.36	0.017	3.36	0.052	3.43	0.015
118	3.36	0.040	3.22	0.089	3.50	0.055	3.36	0.017	3.36	0.053	3.50	0.015
119	3.31	0.037	3.17	0.081	3.52	0.050	3.31	0.015	3.31	0.048	3.45	0.013
120	3.25	0.035	3.11	0.078	3.39	0.047	3.25	0.015	3.25	0.048	3.39	0.013
121	3.13	0.034	2.99	0.075	3.34	0.046	3.13	0.014	3.13	0.048	3.27	0.013
122	3.11	0.034	2.97	0.074	3.31	0.046	3.18	0.015	3.11	0.048	3.31	0.013
123	3.18	0.034	2.97	0.075	3.31	0.046	3.18	0.015	3.11	0.048	3.24	0.012
124	3.18	0.035	3.04	0.077	3.32	0.046	3.18	0.015	3.11	0.048	3.25	0.012
125	3.18	0.035	3.04	0.077	3.32	0.046	3.18	0.015	3.11	0.048	3.25	0.013
126	3.24	0.038	3.10	0.083	3.38	0.049	3.24	0.016	3.24	0.051	3.31	0.014
127	3.29	0.040	3.15	0.087	3.43	0.051	3.29	0.016	3.29	0.054	3.36	0.016
128	3.24	0.039	3.10	0.086	3.45	0.052	3.31	0.017	3.24	0.053	3.38	0.016
129	3.31	0.040	3.17	0.088	3.45	0.052	3.31	0.017	3.31	0.053	3.45	0.016
130	3.24	0.036	3.10	0.078	3.45	0.047	3.31	0.015	3.24	0.047	3.45	0.015
131	3.11	0.035	3.05	0.077	3.39	0.047	3.18	0.015	3.18	0.046	3.32	0.014
132	3.11	0.035	2.98	0.075	3.32	0.046	3.18	0.015	3.11	0.045	3.32	0.014
133	3.11	0.034	3.05	0.077	3.32	0.046	3.18	0.015	3.11	0.045	3.32	0.014
134	3.14	0.035	3.00	0.076	3.27	0.045	3.14	0.015	3.07	0.044	3.20	0.014
135	3.14	0.035	3.00	0.077	3.27	0.045	3.14	0.015	3.07	0.045	3.20	0.014
136	3.14	0.035	3.00	0.077	3.27	0.045	3.14	0.015	3.14	0.045	3.20	0.014
137	3.11	0.036	2.98	0.078	3.32	0.047	3.11	0.015	3.11	0.047	3.25	0.014
138	3.17	0.038	3.04	0.082	3.38	0.049	3.17	0.016	3.17	0.048	3.31	0.015
139	3.17	0.039	3.04	0.085	3.38	0.050	3.24	0.017	3.17	0.050	3.31	0.015
140	3.29	0.040	3.15	0.089	3.50	0.052	3.29	0.017	3.29	0.052	3.43	0.016
141	3.29	0.041	3.15	0.089	3.51	0.052	3.29	0.017	3.29	0.052	3.43	0.016
142	3.25	0.036	3.11	0.079	3.46	0.047	3.31	0.016	3.25	0.046	3.39	0.014
143	3.14	0.035	3.00	0.077	3.35	0.046	3.14	0.015	3.14	0.044	3.35	0.014
144	3.07	0.034	3.00	0.077	3.28	0.045	3.07	0.015	3.14	0.044	3.28	0.014
145	3.12	0.035	2.98	0.077	3.33	0.045	3.12	0.015	3.12	0.044	3.25	0.014
146	3.18	0.036	3.04	0.079	3.39	0.046	3.18	0.015	3.18	0.045	3.31	0.014
147	3.18	0.036	3.04	0.079	3.39	0.046	3.18	0.015	3.18	0.045	3.25	0.014
148	3.18	0.036	3.04	0.079	3.39	0.046	3.18	0.016	3.18	0.045	3.25	0.014
149	3.12	0.037	2.98	0.082	3.25	0.046	3.12	0.016	3.12	0.046	3.19	0.014
150	3.18	0.039	3.04	0.089	3.39	0.049	3.18	0.017	3.25	0.049	3.31	0.015
151	3.24	0.040	3.10	0.093	3.38	0.049	3.24	0.017	3.24	0.048	3.38	0.015

No.	Válvula 1		Válvula 2		Válvula 3		Válvula 4		Válvula 5		Válvula 6	
	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)
152	3.29	0.040	3.15	0.094	3.50	0.051	3.29	0.017	3.29	0.049	3.43	0.015
153	3.29	0.036	3.15	0.085	3.50	0.046	3.29	0.015	3.29	0.044	3.50	0.014
154	3.11	0.035	2.98	0.081	3.32	0.044	3.11	0.015	3.18	0.042	3.32	0.014
155	3.12	0.034	2.98	0.082	3.33	0.044	3.12	0.015	3.19	0.042	3.33	0.014
156	3.12	0.034	2.98	0.082	3.33	0.044	3.12	0.015	3.19	0.042	3.33	0.013
157	3.12	0.034	2.98	0.083	3.33	0.044	3.12	0.015	3.19	0.042	3.25	0.013
158	3.14	0.035	2.94	0.082	3.28	0.043	3.14	0.015	3.14	0.042	3.21	0.013
159	3.14	0.035	3.01	0.083	3.28	0.043	3.14	0.015	3.14	0.041	3.21	0.013
160	3.12	0.036	2.99	0.085	3.33	0.045	3.12	0.016	3.19	0.044	3.26	0.014
161	3.18	0.037	3.11	0.091	3.39	0.047	3.25	0.017	3.25	0.045	3.39	0.014
162	3.25	0.039	3.11	0.093	3.46	0.049	3.25	0.017	3.25	0.046	3.39	0.015
163	3.30	0.040	3.16	0.096	3.51	0.050	3.30	0.017	3.37	0.048	3.44	0.015
164	3.25	0.039	3.11	0.094	3.46	0.050	3.25	0.017	3.32	0.048	3.46	0.015
165	3.19	0.035	3.05	0.084	3.40	0.044	3.19	0.015	3.19	0.042	3.33	0.013
166	3.07	0.033	2.94	0.081	3.28	0.043	3.07	0.015	3.14	0.042	3.28	0.013
167	3.07	0.033	2.94	0.081	3.28	0.043	3.07	0.015	3.14	0.042	3.28	0.013
168	3.07	0.033	2.94	0.082	3.28	0.043	3.07	0.015	3.07	0.041	3.21	0.013
169	3.12	0.034	2.99	0.083	3.33	0.044	3.12	0.015	3.19	0.043	3.26	0.013
170	3.12	0.034	2.99	0.084	3.33	0.044	3.19	0.015	3.19	0.043	3.26	0.013
171	3.12	0.035	2.99	0.087	3.33	0.045	3.12	0.015	3.19	0.044	3.26	0.013
172	3.18	0.037	3.04	0.092	3.39	0.047	3.18	0.016	3.25	0.046	3.31	0.014
173	3.25	0.039	3.04	0.094	3.46	0.049	3.25	0.017	3.25	0.048	3.39	0.015
174	3.29	0.039	3.15	0.097	3.51	0.050	3.29	0.017	3.29	0.048	3.43	0.015
175	3.22	0.038	3.15	0.096	3.51	0.050	3.29	0.017	3.29	0.049	3.43	0.015
176	2.26	0.000	2.50	0.000	2.32	0.000	2.09	0.000	2.44	0.000	2.76	0.000
177	0.95	0.016	1.27	0.059	1.22	0.027	1.04	0.008	1.09	0.024	1.04	0.007
178	2.69	0.050	2.50	0.133	3.08	0.079	3.22	0.027	2.69	0.067	2.82	0.022
179	3.84	0.073	3.55	0.178	4.23	0.100	4.15	0.034	3.92	0.091	4.23	0.032
180	3.57	0.064	3.43	0.158	3.94	0.089	3.64	0.031	3.72	0.086	3.87	0.031
181	3.30	0.059	3.23	0.140	3.66	0.082	3.30	0.029	3.30	0.079	3.59	0.032
182	3.28	0.058	3.21	0.139	3.64	0.082	3.36	0.030	3.36	0.081	3.50	0.032
183	3.36	0.059	3.21	0.139	3.72	0.083	3.42	0.032	3.36	0.081	3.50	0.032
184	3.41	0.059	3.34	0.141	3.85	0.084	3.55	0.034	3.48	0.082	3.70	0.034
185	3.48	0.059	3.34	0.139	4.00	0.086	3.55	0.035	3.55	0.084	3.85	0.035
186	3.28	0.020	3.08	0.045	3.21	0.024	2.88	0.010	3.21	0.027	3.28	0.011
187	2.29	0.018	2.35	0.044	2.47	0.024	2.17	0.010	2.41	0.026	2.41	0.010
188	2.70	0.022	2.58	0.052	2.83	0.030	2.64	0.013	2.70	0.031	2.83	0.013
189	2.97	0.025	2.91	0.060	3.18	0.034	3.04	0.014	3.04	0.035	3.11	0.014
190	2.89	0.026	2.76	0.060	3.02	0.034	2.89	0.014	2.95	0.036	2.95	0.014

No.	Válvula 1		Válvula 2		Válvula 3		Válvula 4		Válvula 5		Válvula 6	
	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)
191	2.92	0.028	2.72	0.064	3.05	0.037	2.92	0.015	2.98	0.038	2.98	0.015
192	2.99	0.031	2.79	0.069	3.05	0.039	2.92	0.016	2.99	0.040	2.99	0.015
193	3.05	0.033	2.91	0.075	3.18	0.042	3.05	0.017	3.11	0.044	3.18	0.017
194	3.11	0.035	2.98	0.076	3.25	0.043	3.05	0.016	3.11	0.043	3.18	0.017
195	3.11	0.036	2.98	0.076	3.25	0.042	3.05	0.016	3.11	0.042	3.25	0.017
196	3.02	0.036	2.96	0.076	3.30	0.043	3.09	0.015	3.16	0.043	3.23	0.017
197	3.02	0.037	2.95	0.079	3.29	0.045	3.09	0.015	3.15	0.045	3.22	0.017
198	3.09	0.039	3.02	0.082	3.36	0.047	3.15	0.016	3.15	0.046	3.36	0.018
199	3.15	0.041	3.02	0.085	3.43	0.049	3.22	0.017	3.22	0.049	3.36	0.019
200	3.18	0.041	3.04	0.085	3.46	0.049	3.25	0.017	3.18	0.049	3.39	0.019
201	3.18	0.032	3.11	0.069	3.46	0.039	3.18	0.013	3.18	0.039	3.39	0.015
202	2.41	0.000	2.23	0.000	2.18	0.000	1.89	0.000	2.48	0.000	2.48	0.000
203	1.02	0.017	1.16	0.048	1.40	0.029	1.16	0.008	1.16	0.026	1.16	0.008
204	3.06	0.058	2.48	0.122	3.41	0.083	3.48	0.030	3.13	0.081	3.20	0.029
205	3.78	0.077	3.56	0.162	4.16	0.094	4.24	0.036	3.93	0.101	4.16	0.038
206	3.46	0.066	3.25	0.139	3.90	0.082	3.53	0.031	3.53	0.089	3.82	0.033
207	3.19	0.060	3.12	0.130	3.62	0.074	3.26	0.029	3.12	0.080	3.47	0.031
208	3.18	0.060	3.12	0.130	3.54	0.074	3.25	0.030	3.18	0.080	3.39	0.031
209	3.23	0.061	3.16	0.132	3.66	0.077	3.30	0.031	3.23	0.081	3.44	0.031
210	3.34	0.062	3.27	0.134	3.85	0.080	3.48	0.033	3.41	0.084	3.70	0.034
211	2.89	0.019	3.02	0.044	3.09	0.023	2.75	0.009	3.02	0.027	3.29	0.011
212	2.43	0.019	2.43	0.046	2.62	0.025	2.37	0.010	2.43	0.027	2.56	0.010
213	2.78	0.026	2.72	0.054	2.98	0.030	2.85	0.013	2.85	0.033	2.91	0.013
214	3.11	0.029	2.98	0.060	3.25	0.034	3.18	0.014	3.18	0.035	3.18	0.013
215	3.08	0.030	2.69	0.062	3.29	0.035	3.15	0.016	3.15	0.036	3.15	0.014
216	3.25	0.034	2.71	0.065	3.39	0.036	3.18	0.017	3.25	0.037	3.25	0.015
217	3.24	0.037	2.84	0.072	3.38	0.037	3.24	0.018	3.24	0.039	3.31	0.016
218	3.29	0.039	3.09	0.083	3.51	0.041	3.29	0.018	3.29	0.040	3.36	0.016
219	3.43	0.041	3.02	0.082	3.58	0.041	3.51	0.021	3.43	0.043	3.51	0.015
220	3.51	0.043	3.09	0.083	3.65	0.041	3.51	0.021	3.51	0.041	3.58	0.016
221	3.50	0.043	3.29	0.088	3.79	0.043	3.64	0.021	3.57	0.040	3.72	0.016
222	3.64	0.038	3.36	0.091	3.94	0.044	3.79	0.024	3.72	0.042	3.87	0.018
223	3.66	0.037	3.23	0.086	3.96	0.043	3.73	0.026	3.73	0.042	3.88	0.018
224	3.66	0.037	3.16	0.082	3.88	0.041	3.59	0.028	3.66	0.041	3.81	0.018
225	3.59	0.037	3.16	0.085	3.81	0.039	3.51	0.028	3.59	0.043	3.73	0.018
226	3.51	0.035	3.30	0.090	3.73	0.037	3.44	0.026	3.44	0.044	3.59	0.018
227	3.44	0.034	3.30	0.089	3.66	0.037	3.37	0.026	3.44	0.044	3.59	0.019
228	3.44	0.034	3.23	0.088	3.66	0.037	3.37	0.026	3.44	0.044	3.51	0.019
229	3.50	0.034	3.36	0.091	3.65	0.037	3.43	0.026	3.50	0.045	3.58	0.019

No.	Válvula 1		Válvula 2		Válvula 3		Válvula 4		Válvula 5		Válvula 6	
	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)	(kJ/kg)	(kW)
230	3.44	0.034	3.30	0.090	3.66	0.037	3.37	0.026	3.44	0.044	3.51	0.019
231	3.44	0.033	3.30	0.090	3.66	0.038	3.37	0.025	3.44	0.043	3.59	0.020
232	3.44	0.032	3.30	0.091	3.66	0.039	3.37	0.025	3.44	0.042	3.59	0.020
233	3.39	0.031	3.25	0.091	3.60	0.039	3.32	0.024	3.39	0.041	3.53	0.019
234	3.39	0.030	3.25	0.093	3.60	0.040	3.39	0.024	3.39	0.039	3.53	0.019
235	3.39	0.030	3.25	0.095	3.60	0.041	3.39	0.023	3.39	0.038	3.46	0.018
236	3.39	0.029	3.25	0.098	3.60	0.043	3.39	0.023	3.39	0.038	3.46	0.018
237	3.46	0.030	3.25	0.103	3.60	0.045	3.46	0.024	3.46	0.039	3.53	0.018
238	3.51	0.030	3.37	0.106	3.73	0.049	3.51	0.025	3.51	0.040	3.58	0.018
239	3.58	0.029	3.37	0.098	3.73	0.048	3.51	0.023	3.58	0.039	3.65	0.018
240	3.51	0.028	3.37	0.097	3.65	0.048	3.44	0.024	3.51	0.039	3.65	0.018

[APÉNDICE 9. Tabla de Irreversibilidades en las Evaporadoras]

No.	Evaporadora 1		Evaporadora 2		Evaporadora 3		Evaporadora 4		Evaporadora 5		Evaporadora 6	
	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)
1	5.96	0.038	5.81	0.091	6.88	0.063	6.77	0.033	6.43	0.077	7.75	0.036
2	5.25	0.036	5.17	0.088	5.77	0.057	5.44	0.028	4.58	0.058	4.93	0.024
3	4.71	0.033	4.09	0.079	5.04	0.050	4.99	0.028	3.83	0.053	4.18	0.019
4	4.50	0.032	4.15	0.082	4.95	0.048	5.13	0.028	3.72	0.053	4.07	0.017
5	5.19	0.040	3.41	0.070	5.66	0.066	5.80	0.035	4.50	0.064	4.88	0.022
6	5.90	0.049	3.40	0.075	6.54	0.078	6.23	0.039	4.94	0.072	5.69	0.026
7	6.03	0.055	4.01	0.094	6.56	0.080	6.56	0.042	5.44	0.082	6.01	0.028
8	5.83	0.050	4.71	0.135	6.78	0.078	6.54	0.045	5.31	0.074	5.77	0.024
9	6.16	0.053	5.37	0.157	7.07	0.086	6.88	0.047	5.69	0.078	6.07	0.023
10	6.63	0.054	5.56	0.167	7.28	0.086	6.87	0.047	6.08	0.078	6.49	0.024
11	6.70	0.052	6.26	0.186	7.57	0.087	7.06	0.046	5.99	0.081	6.60	0.024
12	6.99	0.054	6.43	0.183	7.94	0.099	7.54	0.051	6.46	0.080	7.04	0.031
13	7.45	0.058	6.59	0.181	8.41	0.101	7.76	0.056	6.71	0.083	7.48	0.036
14	7.79	0.064	6.55	0.175	8.36	0.097	7.32	0.053	6.66	0.085	7.43	0.040
15	7.58	0.066	6.17	0.159	8.16	0.091	7.14	0.052	6.45	0.083	7.19	0.043
16	6.92	0.066	6.35	0.158	7.89	0.084	7.42	0.060	6.21	0.077	6.73	0.046
17	6.72	0.066	6.07	0.151	7.63	0.081	7.18	0.057	5.94	0.076	6.51	0.046
18	6.75	0.070	5.88	0.146	7.36	0.078	7.00	0.055	5.51	0.071	6.19	0.044
19	6.74	0.070	6.03	0.150	7.36	0.078	7.00	0.054	5.55	0.072	6.06	0.043
20	6.74	0.069	6.03	0.150	7.18	0.076	6.96	0.053	5.58	0.073	6.06	0.043
21	6.76	0.069	5.98	0.151	6.89	0.073	6.79	0.051	5.32	0.069	6.09	0.043
22	6.76	0.068	5.72	0.147	7.17	0.076	7.09	0.053	5.44	0.070	6.09	0.042
23	6.80	0.068	6.20	0.161	7.20	0.076	7.13	0.053	5.64	0.073	6.45	0.044
24	6.82	0.071	6.26	0.168	7.22	0.082	7.12	0.055	5.62	0.075	6.43	0.046
25	6.92	0.073	6.33	0.174	7.46	0.090	7.27	0.057	5.62	0.077	6.43	0.046
26	7.33	0.080	6.35	0.179	7.47	0.092	7.43	0.059	5.89	0.084	6.65	0.049
27	7.35	0.079	6.56	0.184	7.69	0.094	7.51	0.059	5.77	0.082	6.41	0.047
28	6.89	0.067	6.23	0.159	7.66	0.084	7.25	0.051	5.82	0.074	6.70	0.044
29	6.93	0.067	6.31	0.166	7.43	0.082	7.20	0.051	5.85	0.075	6.46	0.042
30	7.07	0.067	6.12	0.165	7.46	0.081	7.01	0.049	5.49	0.069	6.54	0.042
31	6.87	0.064	6.14	0.170	7.48	0.080	7.04	0.048	5.75	0.072	6.55	0.041
32	6.91	0.064	6.14	0.174	7.07	0.073	7.11	0.048	5.50	0.068	6.31	0.039
33	6.87	0.062	6.29	0.182	7.30	0.074	6.84	0.047	5.54	0.069	6.31	0.038
34	6.87	0.062	6.29	0.187	7.48	0.075	6.88	0.047	5.79	0.071	6.31	0.037
35	6.91	0.063	6.25	0.189	7.30	0.071	6.88	0.045	5.75	0.068	6.31	0.036

No.	Evaporadora 1		Evaporadora 2		Evaporadora 3		Evaporadora 4		Evaporadora 5		Evaporadora 6	
	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)
36	6.89	0.067	5.78	0.181	7.46	0.076	7.22	0.050	5.69	0.071	6.29	0.037
37	7.14	0.074	6.04	0.191	7.32	0.077	7.03	0.050	5.90	0.076	6.54	0.039
38	7.16	0.071	6.03	0.173	7.50	0.074	7.01	0.046	5.89	0.070	6.56	0.035
39	6.93	0.068	6.04	0.171	7.46	0.076	7.03	0.048	5.90	0.073	6.54	0.035
40	6.89	0.067	6.04	0.169	7.19	0.076	6.60	0.045	5.65	0.074	6.54	0.034
41	6.61	0.064	5.97	0.167	7.19	0.076	6.82	0.047	5.41	0.070	6.29	0.033
42	6.85	0.067	5.82	0.162	7.46	0.079	6.82	0.047	5.65	0.074	6.29	0.033
43	6.85	0.067	6.08	0.169	7.46	0.079	7.01	0.048	5.65	0.074	6.29	0.033
44	6.85	0.067	6.27	0.175	7.19	0.076	6.86	0.047	5.65	0.075	6.29	0.033
45	6.90	0.071	5.98	0.175	7.20	0.079	7.10	0.051	5.66	0.079	6.30	0.034
46	6.88	0.071	5.78	0.169	7.46	0.083	7.12	0.051	5.65	0.080	6.29	0.034
47	6.88	0.075	6.22	0.185	7.46	0.084	7.32	0.054	5.65	0.082	6.53	0.036
48	6.88	0.079	6.26	0.188	7.46	0.086	7.10	0.053	5.65	0.084	6.57	0.036
49	6.92	0.081	6.22	0.183	7.51	0.085	7.29	0.054	5.73	0.088	6.80	0.036
50	6.94	0.072	6.24	0.162	7.29	0.076	7.31	0.048	5.86	0.084	6.82	0.032
51	6.67	0.069	6.00	0.157	7.22	0.078	6.93	0.046	5.67	0.082	6.32	0.030
52	6.68	0.069	5.85	0.153	7.23	0.082	6.79	0.045	5.64	0.081	6.32	0.030
53	6.66	0.068	5.65	0.147	7.21	0.085	6.81	0.044	5.62	0.080	6.31	0.030
54	6.62	0.067	5.83	0.151	7.17	0.088	6.65	0.043	5.57	0.079	6.26	0.029
55	6.86	0.070	5.83	0.150	7.17	0.091	7.06	0.044	5.54	0.077	6.26	0.029
56	6.82	0.069	6.02	0.154	6.99	0.092	7.21	0.045	5.74	0.079	6.30	0.029
57	6.62	0.070	6.16	0.167	6.70	0.097	6.87	0.044	5.65	0.082	6.02	0.029
58	6.81	0.074	6.18	0.171	6.93	0.107	6.85	0.044	5.81	0.085	6.29	0.031
59	6.84	0.075	6.08	0.169	6.93	0.111	7.30	0.046	5.73	0.085	6.53	0.032
60	7.13	0.077	6.08	0.167	7.16	0.118	7.43	0.046	5.94	0.088	6.53	0.031
61	7.17	0.070	6.26	0.155	7.16	0.105	7.25	0.040	6.08	0.082	6.95	0.030
62	6.92	0.068	6.22	0.155	6.89	0.101	7.00	0.038	5.69	0.078	6.57	0.028
63	6.67	0.066	6.00	0.150	6.93	0.102	7.04	0.039	5.55	0.076	6.32	0.027
64	6.67	0.066	6.03	0.152	6.93	0.103	7.27	0.040	5.51	0.076	6.32	0.027
65	6.71	0.066	6.05	0.152	6.98	0.103	7.28	0.039	5.73	0.079	6.33	0.027
66	6.86	0.068	6.31	0.159	6.98	0.104	7.09	0.037	5.69	0.080	6.33	0.027
67	6.82	0.068	6.12	0.155	6.98	0.104	7.13	0.036	5.73	0.081	6.33	0.027
68	6.84	0.068	6.03	0.153	6.69	0.099	7.23	0.035	5.55	0.080	6.32	0.027
69	6.63	0.069	6.03	0.161	6.69	0.103	7.34	0.037	5.67	0.085	6.32	0.028
70	6.86	0.074	5.98	0.164	6.91	0.110	7.55	0.039	5.82	0.089	6.30	0.029
71	6.84	0.076	6.15	0.172	7.07	0.115	7.49	0.040	5.81	0.091	6.29	0.029
72	6.88	0.076	6.04	0.167	7.07	0.114	7.55	0.042	6.03	0.094	6.76	0.031

No.	Evaporadora 1		Evaporadora 2		Evaporadora 3		Evaporadora 4		Evaporadora 5		Evaporadora 6	
	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)
73	6.98	0.071	6.08	0.154	7.34	0.108	7.55	0.039	5.81	0.083	6.53	0.027
74	6.94	0.070	6.06	0.152	7.10	0.103	7.33	0.038	5.82	0.083	6.59	0.027
75	6.48	0.064	6.13	0.155	6.67	0.097	7.22	0.038	5.62	0.081	6.31	0.026
76	6.46	0.064	6.00	0.152	6.87	0.100	7.13	0.038	5.60	0.080	6.33	0.026
77	6.64	0.066	6.00	0.152	6.87	0.100	7.05	0.038	5.60	0.080	6.29	0.026
78	6.66	0.066	5.87	0.148	7.13	0.104	7.48	0.040	5.61	0.080	6.30	0.026
79	6.60	0.066	6.06	0.153	7.17	0.104	7.11	0.038	5.61	0.080	6.30	0.026
80	6.70	0.069	5.82	0.151	6.87	0.102	7.05	0.038	5.64	0.082	6.33	0.027
81	6.56	0.070	5.96	0.160	6.65	0.102	6.82	0.038	5.68	0.085	6.25	0.027
82	6.60	0.072	5.78	0.159	6.65	0.105	7.04	0.040	5.64	0.087	6.29	0.028
83	7.11	0.079	6.09	0.169	6.95	0.110	7.23	0.041	5.78	0.090	6.55	0.029
84	7.15	0.079	6.09	0.169	7.18	0.113	7.15	0.041	5.95	0.094	6.82	0.030
85	7.20	0.072	6.26	0.157	7.20	0.102	7.33	0.038	5.84	0.084	6.79	0.027
86	6.75	0.068	6.27	0.158	6.94	0.099	6.87	0.036	5.89	0.085	6.58	0.027
87	6.49	0.066	6.00	0.152	6.93	0.099	6.93	0.037	5.67	0.082	6.56	0.027
88	6.47	0.066	5.79	0.147	6.67	0.095	6.94	0.037	5.65	0.081	6.30	0.026
89	6.43	0.066	5.79	0.147	6.67	0.096	6.98	0.037	5.65	0.081	6.30	0.026
90	6.66	0.068	5.85	0.149	6.97	0.100	7.04	0.037	5.67	0.080	6.32	0.026
91	6.50	0.067	6.11	0.156	6.97	0.100	7.08	0.037	5.88	0.083	6.32	0.025
92	6.28	0.069	5.83	0.154	6.67	0.100	7.13	0.038	5.69	0.084	6.30	0.026
93	6.61	0.075	5.97	0.163	6.66	0.103	6.97	0.038	5.69	0.086	6.30	0.027
94	6.85	0.079	5.97	0.168	6.94	0.110	7.08	0.040	5.89	0.090	6.54	0.029
95	6.91	0.080	6.28	0.176	7.19	0.113	7.50	0.041	6.15	0.094	6.59	0.029
96	6.94	0.072	6.25	0.157	7.19	0.102	7.50	0.038	5.90	0.081	6.82	0.027
97	6.77	0.071	6.07	0.154	6.97	0.100	6.74	0.035	5.91	0.082	6.60	0.026
98	6.50	0.068	6.27	0.159	6.94	0.099	7.02	0.036	5.50	0.076	6.39	0.025
99	6.50	0.069	5.82	0.149	6.94	0.100	6.95	0.036	5.46	0.076	6.15	0.025
100	6.50	0.069	6.01	0.154	6.94	0.100	7.09	0.037	5.42	0.075	6.15	0.025
101	6.71	0.071	6.01	0.153	6.98	0.101	7.28	0.037	5.60	0.078	6.33	0.025
102	6.67	0.071	5.86	0.150	6.98	0.101	7.09	0.036	5.85	0.081	6.33	0.025
103	6.42	0.071	5.82	0.152	6.94	0.103	6.97	0.035	5.64	0.080	6.28	0.025
104	6.44	0.073	5.80	0.156	6.92	0.106	6.96	0.036	5.62	0.082	6.23	0.026
105	6.70	0.078	6.01	0.166	6.90	0.109	7.18	0.037	5.73	0.085	6.50	0.028
106	6.89	0.081	6.27	0.175	6.94	0.110	7.29	0.038	5.73	0.088	6.54	0.028
107	6.92	0.082	6.22	0.174	6.89	0.108	7.17	0.037	5.77	0.089	6.53	0.028
108	6.94	0.074	6.24	0.158	7.14	0.101	7.15	0.034	5.90	0.082	6.59	0.026
109	6.69	0.072	5.97	0.152	6.94	0.099	6.98	0.033	5.85	0.082	6.58	0.026



No.	Evaporadora 1		Evaporadora 2		Evaporadora 3		Evaporadora 4		Evaporadora 5		Evaporadora 6	
	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)
110	6.69	0.072	5.82	0.149	6.94	0.100	7.02	0.034	5.60	0.079	6.33	0.025
111	6.67	0.072	5.81	0.149	6.69	0.096	6.71	0.032	5.59	0.079	6.32	0.025
112	6.45	0.070	5.81	0.149	6.69	0.096	6.89	0.033	5.59	0.079	6.28	0.025
113	6.58	0.071	5.98	0.153	6.67	0.096	6.83	0.032	5.57	0.079	6.26	0.025
114	6.39	0.070	5.79	0.148	6.91	0.099	6.76	0.032	5.57	0.079	6.26	0.025
115	6.24	0.072	5.79	0.154	6.67	0.100	6.87	0.034	5.62	0.083	6.02	0.025
116	6.61	0.078	5.78	0.158	6.66	0.102	6.86	0.034	5.43	0.082	6.07	0.026
117	6.45	0.078	5.77	0.162	6.89	0.108	6.87	0.035	5.76	0.090	6.20	0.027
118	6.69	0.080	6.03	0.168	6.89	0.107	6.83	0.035	5.68	0.089	6.48	0.028
119	6.74	0.075	6.04	0.154	7.13	0.102	6.96	0.033	5.73	0.084	6.50	0.025
120	6.76	0.074	6.06	0.153	6.92	0.096	6.94	0.032	5.75	0.085	6.51	0.025
121	6.49	0.070	5.81	0.145	6.93	0.096	6.89	0.032	5.55	0.086	6.24	0.024
122	6.36	0.069	5.54	0.138	6.67	0.092	7.02	0.033	5.36	0.083	6.23	0.024
123	6.62	0.072	5.54	0.139	6.67	0.092	7.02	0.032	5.36	0.083	5.98	0.023
124	6.59	0.072	5.80	0.147	6.68	0.093	6.95	0.032	5.41	0.084	5.99	0.023
125	6.40	0.070	5.80	0.147	6.68	0.092	6.92	0.032	5.41	0.083	5.99	0.023
126	6.38	0.074	5.97	0.159	6.84	0.099	6.93	0.033	5.69	0.090	5.97	0.025
127	6.38	0.077	5.78	0.159	6.65	0.100	7.19	0.036	5.68	0.093	6.00	0.028
128	6.65	0.080	5.79	0.160	6.91	0.104	7.19	0.036	5.73	0.094	6.30	0.029
129	6.71	0.082	6.05	0.168	6.91	0.104	7.15	0.036	5.90	0.095	6.55	0.031
130	6.47	0.071	5.79	0.145	6.91	0.094	7.00	0.032	5.65	0.082	6.55	0.028
131	6.23	0.069	5.77	0.146	6.93	0.095	6.70	0.031	5.67	0.083	6.32	0.027
132	6.38	0.071	5.51	0.140	6.69	0.092	6.89	0.032	5.37	0.078	6.28	0.027
133	6.38	0.071	5.81	0.147	6.87	0.094	6.96	0.033	5.37	0.078	6.28	0.027
134	6.46	0.071	5.82	0.148	6.70	0.092	7.02	0.033	5.39	0.078	6.05	0.026
135	6.61	0.073	5.82	0.149	6.70	0.092	6.80	0.032	5.39	0.078	6.05	0.026
136	6.50	0.073	5.82	0.149	6.88	0.095	7.21	0.034	5.52	0.080	6.01	0.026
137	6.22	0.073	5.70	0.150	6.69	0.095	6.93	0.034	5.48	0.082	6.18	0.027
138	6.32	0.075	5.68	0.153	6.81	0.098	6.72	0.033	5.36	0.082	5.98	0.027
139	6.36	0.078	5.68	0.159	6.81	0.101	7.13	0.036	5.58	0.088	6.16	0.028
140	6.60	0.081	5.93	0.167	7.07	0.106	7.04	0.036	5.83	0.092	6.44	0.030
141	6.65	0.082	5.93	0.167	7.08	0.106	7.23	0.037	5.57	0.087	6.26	0.029
142	6.66	0.074	5.95	0.150	7.10	0.096	7.61	0.036	5.85	0.082	6.50	0.027
143	6.70	0.075	5.98	0.153	7.13	0.097	7.41	0.036	5.61	0.079	6.58	0.028
144	6.40	0.072	5.98	0.153	6.89	0.094	6.92	0.033	5.61	0.079	6.34	0.027
145	6.38	0.072	5.71	0.147	6.65	0.091	6.98	0.034	5.38	0.076	6.04	0.025
146	6.37	0.071	5.69	0.147	6.63	0.090	7.03	0.034	5.36	0.076	6.02	0.025

No.	Evaporadora 1		Evaporadora 2		Evaporadora 3		Evaporadora 4		Evaporadora 5		Evaporadora 6	
	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)
147	6.33	0.071	5.69	0.148	6.63	0.090	7.29	0.035	5.51	0.078	5.93	0.025
148	6.17	0.069	5.69	0.148	6.85	0.093	7.07	0.035	5.32	0.075	5.78	0.024
149	6.23	0.074	5.71	0.158	6.59	0.093	7.05	0.036	5.61	0.083	5.98	0.026
150	6.33	0.078	5.46	0.159	6.85	0.100	7.07	0.037	5.89	0.089	6.21	0.028
151	6.62	0.081	5.71	0.172	6.85	0.099	7.13	0.037	5.69	0.085	6.30	0.028
152	6.45	0.078	5.70	0.170	7.07	0.102	7.26	0.038	5.64	0.083	6.29	0.028
153	6.64	0.073	5.70	0.153	7.07	0.092	7.08	0.033	5.64	0.075	6.53	0.026
154	6.38	0.071	5.66	0.155	6.87	0.091	7.01	0.033	5.63	0.074	6.32	0.026
155	6.20	0.069	5.48	0.150	6.87	0.090	7.13	0.034	5.52	0.072	6.29	0.026
156	6.20	0.068	5.48	0.150	6.87	0.090	7.13	0.034	5.52	0.073	6.29	0.025
157	6.38	0.070	5.48	0.152	6.87	0.090	6.98	0.034	5.56	0.074	6.04	0.024
158	6.62	0.073	5.49	0.152	6.89	0.090	7.37	0.036	5.57	0.074	6.05	0.024
159	6.40	0.071	5.80	0.161	6.90	0.091	7.41	0.036	5.62	0.074	6.06	0.024
160	6.17	0.070	5.49	0.157	6.70	0.091	7.25	0.036	5.60	0.076	6.05	0.025
161	6.37	0.074	5.92	0.173	6.68	0.092	7.48	0.038	5.67	0.078	6.32	0.027
162	6.63	0.079	5.92	0.178	6.96	0.099	7.48	0.039	5.63	0.080	6.32	0.027
163	6.65	0.080	5.90	0.180	6.95	0.100	7.28	0.039	5.78	0.083	6.30	0.028
164	6.67	0.080	5.92	0.179	7.14	0.103	7.08	0.038	5.75	0.084	6.60	0.029
165	6.69	0.072	5.93	0.162	7.13	0.093	7.32	0.035	5.71	0.075	6.52	0.026
166	6.41	0.070	5.88	0.161	6.90	0.090	6.89	0.033	5.73	0.076	6.54	0.026
167	6.40	0.069	5.68	0.156	6.89	0.090	6.96	0.034	5.72	0.076	6.49	0.026
168	6.36	0.069	5.68	0.158	6.89	0.090	7.18	0.035	5.31	0.071	6.05	0.024
169	6.35	0.069	5.67	0.158	6.88	0.090	7.10	0.034	5.75	0.077	6.23	0.025
170	6.32	0.068	5.86	0.164	6.88	0.090	7.47	0.036	5.60	0.075	6.05	0.024
171	6.32	0.071	5.64	0.164	6.88	0.092	7.13	0.035	5.60	0.077	6.05	0.025
172	6.33	0.074	5.61	0.169	6.85	0.095	7.10	0.036	5.77	0.082	6.21	0.026
173	6.62	0.079	5.61	0.173	7.13	0.102	7.44	0.039	5.65	0.083	6.50	0.028
174	6.65	0.079	6.04	0.185	7.08	0.101	7.53	0.039	5.78	0.085	6.63	0.028
175	6.39	0.076	6.04	0.184	7.08	0.101	7.61	0.040	5.60	0.083	6.44	0.028
176	4.02	0.000	4.78	0.000	3.54	0.000	3.98	0.000	3.74	0.000	5.46	0.000
177	-1.01	-0.017	1.20	0.056	0.63	0.014	0.87	0.006	-0.76	-0.017	-1.08	-0.007
178	3.44	0.064	2.66	0.141	5.14	0.132	6.85	0.057	3.09	0.077	3.62	0.028
179	5.88	0.112	4.54	0.228	7.00	0.166	7.61	0.062	5.31	0.123	6.28	0.048
180	7.63	0.137	6.94	0.320	8.29	0.187	8.54	0.073	6.94	0.160	7.48	0.060
181	7.84	0.139	7.37	0.319	8.39	0.188	8.53	0.076	6.79	0.162	7.61	0.068
182	7.36	0.131	7.10	0.308	8.16	0.183	8.81	0.080	6.79	0.163	7.18	0.065
183	7.79	0.138	7.14	0.308	8.42	0.188	9.01	0.085	6.86	0.165	7.33	0.067

No.	Evaporadora 1		Evaporadora 2		Evaporadora 3		Evaporadora 4		Evaporadora 5		Evaporadora 6	
	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)
184	7.63	0.131	7.16	0.302	8.68	0.189	9.12	0.089	6.91	0.163	7.72	0.070
185	8.09	0.138	7.20	0.300	9.14	0.197	9.12	0.089	7.14	0.168	8.20	0.075
186	8.26	0.050	7.09	0.104	7.31	0.056	7.73	0.028	6.93	0.058	7.29	0.024
187	5.43	0.042	5.59	0.104	5.74	0.056	6.22	0.028	5.05	0.054	5.09	0.021
188	4.89	0.041	4.43	0.090	4.99	0.053	6.04	0.029	4.15	0.048	4.77	0.021
189	4.14	0.035	3.77	0.077	4.75	0.051	5.63	0.027	3.74	0.043	4.09	0.018
190	4.39	0.039	4.04	0.088	4.66	0.053	5.62	0.028	4.05	0.049	4.13	0.019
191	4.90	0.047	4.24	0.100	5.48	0.067	6.32	0.033	4.69	0.060	4.88	0.024
192	5.41	0.056	5.00	0.123	5.61	0.071	6.53	0.036	4.97	0.067	5.20	0.027
193	5.58	0.061	5.12	0.132	6.03	0.080	7.00	0.039	5.25	0.074	5.78	0.031
194	5.84	0.066	5.57	0.143	6.33	0.083	6.67	0.036	5.44	0.076	5.82	0.031
195	5.92	0.069	5.57	0.142	6.29	0.082	6.70	0.035	5.63	0.077	6.31	0.033
196	5.60	0.066	5.03	0.128	6.42	0.084	6.65	0.033	5.51	0.075	5.85	0.030
197	5.67	0.070	5.02	0.134	6.45	0.088	6.57	0.032	5.39	0.077	5.84	0.032
198	5.94	0.074	5.33	0.144	6.55	0.091	6.90	0.034	5.08	0.074	6.16	0.034
199	6.23	0.080	5.36	0.151	7.02	0.101	7.12	0.037	5.30	0.081	6.16	0.035
200	6.55	0.084	5.65	0.157	7.10	0.101	7.21	0.037	5.28	0.081	6.46	0.036
201	6.37	0.065	5.91	0.132	7.10	0.080	7.07	0.029	5.31	0.066	6.50	0.029
202	5.27	0.000	4.06	0.000	3.23	0.000	2.84	0.000	4.40	0.000	4.64	0.000
203	-0.73	-0.012	0.38	0.016	2.10	0.044	1.06	0.007	-0.37	-0.008	-0.33	-0.002
204	4.88	0.093	2.57	0.126	6.43	0.157	7.26	0.062	4.68	0.121	4.91	0.044
205	6.21	0.126	5.19	0.235	7.31	0.165	7.85	0.066	5.83	0.150	6.74	0.061
206	7.69	0.147	6.61	0.284	8.58	0.181	7.82	0.069	6.73	0.170	7.95	0.070
207	7.86	0.148	7.24	0.303	8.69	0.178	8.08	0.073	6.45	0.166	7.59	0.068
208	7.86	0.148	7.08	0.297	8.49	0.176	8.02	0.073	6.85	0.172	7.59	0.069
209	7.84	0.147	7.07	0.295	8.66	0.181	7.89	0.074	6.69	0.167	7.46	0.068
210	7.80	0.144	6.99	0.287	8.91	0.184	8.04	0.075	6.93	0.170	7.96	0.072
211	6.92	0.046	6.89	0.101	7.21	0.053	6.39	0.022	6.22	0.055	7.40	0.024
212	5.66	0.044	5.35	0.101	6.19	0.059	5.81	0.025	4.70	0.053	5.31	0.022
213	4.85	0.045	4.30	0.086	5.48	0.055	5.65	0.025	4.24	0.049	4.59	0.020
214	4.98	0.046	4.27	0.086	5.44	0.057	5.68	0.026	4.41	0.049	4.53	0.018
215	5.44	0.052	3.86	0.089	6.34	0.067	6.18	0.031	4.85	0.055	5.13	0.023
216	6.01	0.063	4.20	0.100	6.93	0.074	6.66	0.035	5.53	0.064	5.89	0.027
217	6.23	0.071	4.76	0.121	6.92	0.076	6.79	0.037	5.30	0.064	5.98	0.028
218	6.11	0.073	5.53	0.149	7.16	0.083	7.20	0.040	5.37	0.066	6.01	0.028
219	6.80	0.081	5.52	0.149	7.50	0.087	8.01	0.048	5.86	0.073	6.58	0.029
220	7.08	0.087	5.64	0.151	7.70	0.087	7.94	0.048	6.11	0.072	6.77	0.030

No.	Evaporadora 1		Evaporadora 2		Evaporadora 3		Evaporadora 4		Evaporadora 5		Evaporadora 6	
	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)	i (kJ/kg)	II (kW)
221	7.16	0.088	6.11	0.164	7.96	0.090	8.16	0.048	6.14	0.070	6.88	0.030
222	7.49	0.078	6.44	0.174	8.48	0.095	8.60	0.055	6.60	0.074	7.29	0.033
223	7.75	0.079	6.29	0.167	8.73	0.095	8.82	0.061	6.86	0.077	7.47	0.035
224	7.53	0.077	6.03	0.157	8.51	0.090	8.35	0.064	6.63	0.075	7.20	0.035
225	7.52	0.078	5.99	0.161	8.25	0.085	8.15	0.064	6.58	0.079	7.17	0.034
226	7.29	0.073	6.47	0.175	7.99	0.080	7.98	0.061	5.92	0.076	6.47	0.032
227	7.01	0.070	6.62	0.179	7.76	0.078	7.61	0.058	5.99	0.077	6.47	0.034
228	7.01	0.069	6.54	0.177	7.76	0.078	7.68	0.059	6.11	0.078	6.24	0.033
229	6.99	0.069	6.37	0.173	7.50	0.075	7.84	0.060	6.14	0.078	6.26	0.033
230	7.19	0.070	6.43	0.175	7.76	0.079	7.83	0.060	6.15	0.078	6.32	0.034
231	7.01	0.068	6.43	0.175	7.58	0.079	7.83	0.059	5.97	0.075	6.37	0.035
232	7.01	0.066	6.43	0.177	7.76	0.082	7.61	0.056	6.15	0.075	6.55	0.037
233	7.02	0.065	6.44	0.180	7.73	0.084	7.65	0.055	6.16	0.074	6.64	0.036
234	7.02	0.063	6.59	0.189	7.55	0.085	7.94	0.056	5.98	0.070	6.53	0.035
235	7.02	0.061	6.59	0.193	7.55	0.087	7.65	0.053	6.12	0.069	6.48	0.033
236	7.02	0.060	6.40	0.193	7.55	0.090	7.42	0.050	6.08	0.068	6.56	0.033
237	7.22	0.062	6.21	0.198	7.55	0.095	7.82	0.054	6.25	0.071	6.79	0.035
238	7.24	0.062	6.41	0.202	7.76	0.102	7.53	0.053	6.05	0.069	6.52	0.034
239	7.47	0.060	6.63	0.194	7.76	0.099	7.53	0.050	6.43	0.069	6.90	0.033
240	7.43	0.059	6.59	0.189	7.49	0.099	7.29	0.050	6.19	0.068	6.94	0.034

[APÉNDICE 10. Tabla de Irreversibilidades en el Condensador y en los Compresores, Potencia Eléctrica, Eficiencias y Caudal Másico]

No. Medición	Condensador		Compresores		Equipo	Eficiencias		Caudal
	$i_i$ (kJ/kg)	$I$ (kW)	$i_i$ (kJ/kg)	$I$ (kW)		W elec (kW)	Ex. Sistema	
1	6.88	0.362	8.24	0.433	2.81	4.69	10.13	0.0525452
2	7.37	0.416	3.83	0.216	1.17	11.15	11.29	0.05649727
3	8.83	0.533	0.00	0.000	1.17	12.21	12.97	0.06032547
4	8.91	0.537	1.55	0.094	1.18	11.62	11.19	0.06032547
5	8.17	0.529	3.44	0.223	1.23	10.90	9.50	0.06473223
6	7.84	0.529	1.88	0.127	1.23	11.56	10.42	0.06746467
7	7.68	0.544	0.94	0.067	1.94	7.87	11.05	0.07086281
8	7.62	0.562	0.00	0.000	1.94	7.96	11.35	0.07383624
9	7.81	0.581	0.25	0.019	1.94	8.55	11.53	0.07430406
10	7.95	0.585	0.68	0.050	2.69	5.65	10.18	0.07359086
11	8.32	0.605	1.71	0.125	2.69	6.00	10.02	0.07277591
12	8.17	0.589	1.93	0.139	2.69	6.26	10.37	0.07209162
13	8.39	0.602	2.47	0.177	2.40	6.96	9.95	0.07175427
14	8.63	0.619	2.49	0.178	2.64	5.31	8.33	0.07175427
15	8.61	0.617	3.12	0.224	2.65	6.14	9.32	0.07175427
16	8.61	0.623	3.35	0.243	2.65	6.43	9.72	0.07243215
17	8.82	0.646	3.63	0.266	2.58	6.09	8.93	0.07323937
18	9.19	0.676	3.95	0.291	2.58	6.33	9.04	0.07359086
19	9.19	0.676	3.95	0.291	2.63	6.18	8.99	0.07359086
20	9.19	0.676	3.95	0.291	2.57	6.39	9.10	0.07359086
21	9.30	0.684	4.16	0.306	2.54	6.94	9.53	0.07359086
22	9.13	0.672	5.70	0.419	2.54	6.86	8.93	0.07359086
23	8.99	0.662	6.15	0.452	2.64	6.60	8.82	0.07359086
24	9.02	0.694	6.13	0.472	2.64	7.05	9.03	0.07686157
25	9.02	0.712	6.01	0.474	2.64	7.45	9.26	0.07893577
26	9.37	0.758	6.05	0.489	2.85	6.77	8.69	0.08086212
27	9.73	0.783	6.13	0.494	2.85	6.98	8.80	0.08048016
28	9.94	0.720	7.29	0.528	2.85	5.91	7.96	0.07243215
29	9.81	0.718	6.90	0.505	2.85	5.90	8.13	0.07323937
30	9.61	0.704	7.35	0.539	2.85	6.01	8.22	0.07323937
31	9.27	0.679	7.13	0.522	2.59	6.74	8.54	0.07323937
32	9.45	0.692	6.70	0.491	2.59	6.71	8.58	0.07323937

No. Medición	Condensador		Compresores		Equipo	Eficiencias		Caudal
	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	W elec (kW)	Ex. Sistema	Ex. Ciclo	m (kg/s)
33	9.45	0.696	6.81	0.501	2.59	6.61	8.43	0.07359086
34	9.64	0.710	7.47	0.550	2.59	6.54	8.10	0.07359086
35	9.45	0.692	6.70	0.491	2.63	6.48	8.39	0.07323937
36	9.81	0.750	6.88	0.527	2.63	6.78	8.24	0.07649446
37	10.00	0.784	6.27	0.492	2.63	7.04	8.38	0.07843626
38	9.97	0.722	7.29	0.528	2.63	6.51	8.06	0.07243215
39	9.80	0.713	7.86	0.572	2.87	6.08	8.14	0.07277591
40	9.81	0.718	6.90	0.505	2.87	6.12	8.48	0.07323937
41	9.81	0.718	6.90	0.505	2.87	5.93	8.22	0.07323937
42	9.81	0.718	6.90	0.505	2.63	6.57	8.33	0.07323937
43	9.81	0.718	6.90	0.505	2.63	6.59	8.36	0.07323937
44	9.81	0.722	7.01	0.516	2.63	6.46	8.17	0.07359086
45	9.76	0.750	6.53	0.502	2.63	7.26	8.88	0.07686157
46	9.73	0.753	6.42	0.496	2.65	7.45	9.12	0.07730823
47	9.93	0.787	6.91	0.547	2.65	7.55	8.72	0.07924488
48	9.93	0.803	6.90	0.558	2.65	7.75	8.78	0.08086212
49	10.12	0.815	7.44	0.599	2.65	7.80	8.61	0.08048016
50	9.95	0.721	7.93	0.574	2.93	6.36	8.55	0.07243215
51	9.59	0.702	8.00	0.586	2.93	6.42	8.75	0.07323937
52	9.67	0.712	7.47	0.550	2.93	6.12	8.57	0.07359086
53	9.84	0.724	7.01	0.516	2.93	6.21	8.77	0.07359086
54	9.76	0.718	6.55	0.482	2.54	7.66	9.45	0.07359086
55	9.56	0.704	7.00	0.515	2.54	7.40	9.05	0.07359086
56	9.76	0.718	6.55	0.482	2.54	7.31	9.01	0.07359086
57	9.95	0.773	7.18	0.558	2.54	7.70	8.73	0.07767924
58	9.93	0.792	7.06	0.563	2.72	7.29	8.60	0.07974954
59	9.93	0.803	6.90	0.558	2.72	7.85	9.11	0.08086212
60	10.12	0.815	7.44	0.599	2.72	7.74	8.75	0.08048016
61	10.12	0.733	7.47	0.541	2.72	6.73	8.45	0.07243215
62	9.92	0.722	8.04	0.585	2.93	6.44	8.64	0.07277591
63	9.59	0.702	8.00	0.586	2.93	6.57	8.95	0.07323937
64	9.40	0.692	7.46	0.549	2.93	6.56	9.19	0.07359086
65	9.43	0.690	7.34	0.538	2.93	6.51	9.13	0.07323937
66	9.24	0.680	7.89	0.581	2.93	6.58	9.13	0.07359086
67	9.43	0.694	7.46	0.549	2.60	7.62	9.45	0.07359086
68	9.59	0.706	7.00	0.515	2.60	7.24	9.06	0.07359086

No. Medición	Condensador		Compresores		Equipo	Eficiencias		Caudal
	i <sub>i</sub> (kJ/kg)	I (kW)	i <sub>i</sub> (kJ/kg)	I (kW)	W elec (kW)	Ex. Sistema	Ex. Ciclo	m (kg/s)
69	9.79	0.752	6.53	0.502	2.60	7.68	9.29	0.07686157
70	9.95	0.786	7.06	0.557	2.63	7.61	8.78	0.07893577
71	9.93	0.803	6.90	0.558	2.63	7.46	8.38	0.08086212
72	10.12	0.815	7.44	0.599	2.63	7.80	8.53	0.08048016
73	10.12	0.750	7.46	0.553	2.63	7.24	8.60	0.07404175
74	9.76	0.715	8.19	0.600	2.95	6.86	9.21	0.07323937
75	9.57	0.705	7.65	0.563	2.95	6.69	9.21	0.07359086
76	9.22	0.678	7.45	0.548	2.95	6.82	9.59	0.07359086
77	9.22	0.678	7.45	0.548	2.53	7.90	9.54	0.07359086
78	9.24	0.680	7.45	0.548	2.53	8.12	9.82	0.07359086
79	9.06	0.667	7.89	0.580	2.53	7.92	9.49	0.07359086
80	9.61	0.723	6.53	0.491	2.49	8.33	9.85	0.07522621
81	9.92	0.770	6.10	0.474	2.50	8.04	9.34	0.07767924
82	9.93	0.792	7.06	0.563	2.52	8.40	9.21	0.07974954
83	9.76	0.785	7.24	0.583	2.79	7.54	8.92	0.08048016
84	9.76	0.785	7.24	0.583	2.83	7.51	9.04	0.08048016
85	9.59	0.698	7.85	0.571	2.83	6.58	8.70	0.07277591
86	9.61	0.704	8.00	0.586	2.83	6.84	9.02	0.07323937
87	9.59	0.706	7.00	0.515	2.76	7.09	9.42	0.07359086
88	9.56	0.704	7.00	0.515	2.76	7.18	9.54	0.07359086
89	9.56	0.704	7.00	0.515	2.76	7.18	9.54	0.07359086
90	9.59	0.706	7.00	0.515	2.55	7.68	9.41	0.07359086
91	9.59	0.706	7.00	0.515	2.55	7.80	9.56	0.07359086
92	9.76	0.750	6.53	0.502	2.55	8.12	9.62	0.07686157
93	9.93	0.784	6.62	0.523	2.55	8.55	9.63	0.07893577
94	9.75	0.788	6.89	0.557	2.55	8.63	9.38	0.08086212
95	9.77	0.786	6.78	0.546	2.78	8.00	9.54	0.08048016
96	9.57	0.693	7.27	0.526	2.78	7.17	9.42	0.07243215
97	9.40	0.689	8.43	0.618	2.78	7.13	9.14	0.07323937
98	9.43	0.690	7.34	0.538	2.78	7.18	9.56	0.07323937
99	9.43	0.694	7.46	0.549	2.54	8.06	9.76	0.07359086
100	9.43	0.694	7.46	0.549	2.54	7.84	9.49	0.07359086
101	9.43	0.694	7.46	0.549	2.54	7.51	9.09	0.07359086
102	9.24	0.680	6.80	0.501	2.59	7.61	9.69	0.07359086
103	9.48	0.713	6.81	0.512	2.59	7.30	9.10	0.07522621
104	9.84	0.761	6.88	0.532	2.63	7.36	8.87	0.07730823

No. Medición	Condensador		Compresores		Equipo	Eficiencias		Caudal
	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	W elec (kW)	Ex. Sistema	Ex. Ciclo	m (kg/s)
105	10.00	0.792	6.26	0.496	2.63	7.21	8.53	0.07924488
106	10.38	0.836	6.36	0.512	2.63	7.28	8.29	0.08048016
107	9.93	0.799	6.79	0.546	2.95	7.07	8.95	0.08048016
108	9.56	0.696	7.85	0.571	2.95	6.45	8.88	0.07277591
109	9.24	0.677	7.78	0.570	2.83	6.88	9.22	0.07323937
110	9.43	0.694	7.46	0.549	3.05	6.52	9.49	0.07359086
111	9.59	0.706	7.00	0.515	3.05	6.52	9.58	0.07359086
112	9.59	0.706	7.00	0.515	2.61	7.66	9.64	0.07359086
113	9.76	0.718	6.55	0.482	2.61	7.37	9.36	0.07359086
114	9.56	0.704	7.00	0.515	2.61	7.60	9.56	0.07359086
115	9.76	0.750	6.53	0.502	2.67	7.80	9.68	0.07686157
116	10.18	0.804	5.99	0.473	2.67	7.41	9.01	0.07893577
117	10.17	0.822	6.91	0.559	2.67	7.65	8.72	0.08086212
118	10.17	0.818	6.79	0.547	2.67	7.54	8.61	0.08048016
119	10.00	0.740	7.28	0.539	2.92	6.36	8.57	0.07404175
120	9.65	0.707	8.44	0.618	2.92	6.28	8.46	0.07323937
121	9.85	0.725	7.48	0.550	2.92	5.92	8.26	0.07359086
122	9.83	0.723	6.37	0.469	2.57	6.64	8.49	0.07359086
123	9.83	0.723	6.37	0.469	2.57	6.46	8.26	0.07359086
124	9.84	0.727	7.13	0.527	2.58	7.01	8.70	0.07394574
125	9.84	0.727	7.13	0.527	2.63	6.89	8.70	0.07394574
126	10.18	0.791	6.11	0.474	2.62	6.97	8.50	0.07767924
127	9.73	0.784	6.40	0.516	2.61	8.27	9.57	0.08056331
128	9.95	0.805	6.90	0.558	2.62	8.30	9.30	0.08086212
129	9.95	0.805	6.90	0.558	2.62	8.34	9.35	0.08086212
130	9.76	0.710	7.39	0.538	2.62	7.59	9.37	0.07277591
131	9.59	0.706	8.11	0.597	2.95	6.98	9.54	0.07359086
132	9.40	0.692	7.46	0.549	2.95	6.75	9.51	0.07359086
133	9.21	0.678	6.80	0.501	2.95	6.72	9.75	0.07359086
134	9.24	0.680	6.80	0.501	2.95	6.74	9.77	0.07359086
135	9.24	0.683	6.92	0.512	2.56	7.76	9.74	0.07394574
136	9.24	0.683	6.92	0.512	2.56	7.65	9.60	0.07394574
137	9.40	0.718	6.45	0.493	2.56	7.69	9.43	0.0764106
138	9.76	0.758	6.53	0.507	2.56	7.86	9.26	0.07767924
139	9.76	0.786	6.40	0.516	2.54	8.01	9.04	0.08056331
140	10.12	0.818	6.47	0.523	2.54	8.00	8.78	0.08086212



No. Medición	Condensador		Compresores		Equipo	Eficiencias		Caudal
	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)		W elec (kW)	Ex. Sistema	
141	9.75	0.788	6.89	0.557	2.54	8.64	9.40	0.08086212
142	9.56	0.696	8.50	0.618	2.87	6.77	8.81	0.07277591
143	9.24	0.680	8.54	0.629	2.87	7.02	9.26	0.07359086
144	9.24	0.680	7.45	0.548	2.99	6.87	9.82	0.07359086
145	9.22	0.682	6.46	0.477	2.99	6.86	10.18	0.07394574
146	9.58	0.708	6.65	0.492	2.99	6.81	9.88	0.07394574
147	9.58	0.708	6.65	0.492	2.50	7.92	9.62	0.07394574
148	9.38	0.694	7.11	0.526	2.50	8.00	9.62	0.07394574
149	9.41	0.735	7.09	0.554	2.50	8.31	9.47	0.07805384
150	9.58	0.775	6.51	0.527	2.50	8.88	9.83	0.08094995
151	10.14	0.825	6.62	0.539	2.73	7.78	9.11	0.08137708
152	9.93	0.803	6.90	0.558	2.73	7.79	9.08	0.08086212
153	10.12	0.737	7.59	0.552	2.73	6.98	8.78	0.07277591
154	9.59	0.706	8.11	0.597	2.73	6.92	8.74	0.07359086
155	9.22	0.678	7.45	0.548	2.96	7.00	9.89	0.07359086
156	9.41	0.693	7.00	0.515	2.96	7.00	9.98	0.07359086
157	9.03	0.668	6.91	0.511	2.96	6.98	10.14	0.07394574
158	9.05	0.669	6.91	0.511	2.96	6.86	9.97	0.07394574
159	9.00	0.666	6.45	0.477	2.56	8.73	11.08	0.07394574
160	9.17	0.701	7.09	0.542	2.56	9.14	10.89	0.0764106
161	9.34	0.725	6.51	0.506	2.56	9.05	10.68	0.07767924
162	9.72	0.775	6.61	0.527	2.56	9.15	10.27	0.07974954
163	9.51	0.769	6.88	0.557	2.75	8.68	10.21	0.08086212
164	9.33	0.755	7.34	0.594	2.75	8.67	10.11	0.08086212
165	9.16	0.671	7.98	0.585	2.89	7.34	9.85	0.07323937
166	8.81	0.649	7.88	0.580	2.99	7.04	9.96	0.07359086
167	9.05	0.666	6.80	0.500	2.99	6.66	9.80	0.07359086
168	9.25	0.684	6.46	0.477	2.49	8.09	9.97	0.07394574
169	8.98	0.664	6.45	0.477	2.49	8.63	10.64	0.07394574
170	9.17	0.678	7.10	0.525	2.49	8.53	10.19	0.07394574
171	9.37	0.716	6.63	0.507	2.60	8.66	10.56	0.0764106
172	9.58	0.760	6.52	0.517	2.60	8.14	9.55	0.07931459
173	9.77	0.795	7.05	0.573	2.60	8.20	9.08	0.08137708
174	9.93	0.803	6.46	0.522	2.60	7.85	8.80	0.08086212
175	9.75	0.788	6.89	0.557	2.90	7.30	9.06	0.08086212
176	4.53	0.000	0.00	0.000	2.90	0.00	0.00	0

No. Medición	Condensador		Compresores		Equipo	Eficiencias		Caudal
	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	W elec (kW)	Ex. Sistema	Ex. Ciclo	m (kg/s)
177	2.36	0.287	0.00	0.000	2.90	13.53	0.00	0.12147023
178	8.44	1.167	0.00	0.000	2.91	13.23	36.40	0.13828489
179	8.75	1.155	0.00	0.000	0.00	0.00	13.82	0.13200028
180	7.84	0.992	2.06	0.260	3.27	10.47	11.01	0.12645162
181	7.66	0.960	1.75	0.220	3.27	10.56	11.33	0.12532277
182	7.47	0.941	0.00	0.000	3.27	11.47	13.39	0.12588466
183	7.26	0.913	0.05	0.007	2.85	12.83	13.00	0.12588466
184	7.31	0.904	0.00	0.000	2.85	14.47	14.54	0.12366678
185	7.45	0.914	0.00	0.000	2.85	14.20	13.92	0.1225869
186	6.96	0.304	12.38	0.540	2.83	4.67	9.31	0.0436456
187	6.57	0.364	7.97	0.441	2.83	6.48	13.25	0.0553631
188	8.39	0.503	1.72	0.103	2.83	6.37	14.58	0.05992135
189	9.16	0.552	2.92	0.176	2.83	6.46	13.42	0.06032547
190	8.33	0.531	5.12	0.326	2.00	9.54	12.49	0.06377263
191	7.82	0.533	3.97	0.270	2.00	10.13	13.12	0.06813919
192	7.65	0.548	2.42	0.174	2.00	9.93	13.13	0.07168121
193	7.60	0.570	0.93	0.070	2.00	10.55	13.97	0.07503121
194	7.79	0.582	1.47	0.110	2.37	8.64	13.07	0.07466586
195	7.79	0.579	1.35	0.101	2.37	8.47	12.82	0.07430406
196	7.96	0.592	2.01	0.149	2.50	8.47	13.04	0.07430406
197	8.20	0.633	1.90	0.147	2.56	7.97	12.01	0.07723222
198	8.20	0.643	1.78	0.140	2.52	8.43	12.27	0.07849692
199	8.39	0.683	2.32	0.188	2.57	8.37	11.53	0.08137708
200	8.61	0.696	2.81	0.228	2.63	8.25	11.26	0.08086212
201	8.62	0.558	3.95	0.255	2.63	6.72	10.95	0.0646897
202	4.00	0.000	0.00	0.000	2.63	0.00	0.00	0
203	3.99	0.466	0.00	0.000	2.99	11.22	41.39	0.11679923
204	8.49	1.155	0.00	0.000	2.99	11.89	32.18	0.13605128
205	8.28	1.087	0.00	0.000	2.99	11.99	13.71	0.1313826
206	7.43	0.935	1.36	0.172	2.27	14.51	11.13	0.12588466
207	7.08	0.883	0.39	0.049	3.34	10.16	12.13	0.12476587
208	7.26	0.905	0.00	0.000	3.34	9.76	12.81	0.12476587
209	7.55	0.942	0.00	0.000	3.34	10.02	13.51	0.12476587
210	7.78	0.958	0.00	0.000	3.34	9.98	12.69	0.12312447
211	6.83	0.303	9.19	0.407	2.84	4.53	10.32	0.04426409
212	7.30	0.408	3.99	0.223	2.84	5.51	13.01	0.05593521

No. Medición	Condensador		Compresores		Equipo	Eficiencias		Caudal
	i (kJ/kg)	I (kW)	i (kJ/kg)	I (kW)	W elec (kW)	Ex. Sistema	Ex. Ciclo	m (kg/s)
213	8.69	0.518	0.00	0.000	2.84	5.68	14.44	0.0596218
214	8.79	0.524	1.47	0.087	2.84	5.48	12.61	0.0596218
215	8.20	0.525	2.96	0.190	1.85	8.81	11.62	0.06409144
216	7.66	0.509	1.25	0.083	1.85	9.31	12.72	0.06636966
217	7.81	0.548	0.04	0.003	1.85	9.54	13.00	0.07017605
218	7.58	0.554	0.00	0.000	1.85	10.87	15.03	0.07312412
219	7.81	0.572	0.33	0.024	2.37	7.87	12.48	0.07323937
220	7.83	0.570	1.27	0.093	2.37	7.98	12.03	0.07277591
221	7.93	0.572	1.23	0.089	2.37	8.93	13.16	0.07209162
222	7.93	0.560	1.00	0.071	2.37	8.73	13.06	0.07062651
223	7.80	0.548	2.01	0.141	2.54	8.31	12.71	0.07029909
224	7.98	0.563	1.68	0.118	2.54	8.20	12.66	0.07062651
225	7.98	0.575	1.91	0.137	2.54	8.24	12.53	0.07209162
226	8.17	0.592	2.68	0.194	2.54	8.68	12.71	0.07243215
227	8.17	0.595	2.79	0.203	2.62	8.44	12.75	0.07277591
228	8.36	0.609	3.45	0.251	2.62	8.14	11.87	0.07277591
229	8.15	0.593	3.90	0.284	2.62	8.53	12.31	0.07277591
230	8.18	0.595	3.90	0.284	2.62	8.52	12.30	0.07277591
231	8.37	0.609	4.56	0.332	2.65	8.74	12.30	0.07277591
232	8.37	0.609	4.56	0.332	2.65	8.59	12.10	0.07277591
233	8.57	0.624	4.57	0.333	2.65	8.16	11.48	0.07277591
234	8.76	0.638	5.23	0.381	2.65	8.16	11.12	0.07277591
235	8.76	0.638	5.23	0.381	2.56	8.33	11.00	0.07277591
236	8.76	0.645	5.23	0.385	2.56	8.68	11.33	0.07358453
237	8.76	0.670	5.11	0.390	2.56	9.07	11.37	0.07645616
238	9.31	0.716	5.84	0.449	2.56	9.41	11.11	0.07689772
239	9.12	0.657	6.31	0.455	2.76	7.77	10.45	0.07209162
240	9.12	0.660	6.42	0.465	2.76	7.85	10.53	0.07243215

## **ANEXOS**

[Anexo 1. Tabla de Coeficientes de Transferencia de Calor utilizadas en los Compresores y Tuberías]

Fuente: Handbook of Heat Transfer

Coeficientes para ecuaciones de Tuberías

				Ct				
				Pr=				
C/L	f1	G	C2	0.71	6.0	100	2000	m
1	3.142	0.772	1.6	0.103	0.109	0.097	0.088	10

Coeficientes utilizados en las ecuaciones de la 2.53 a la 2.58 de las páginas 34 y 35.

Cilindro largo horizontal (tuberías)

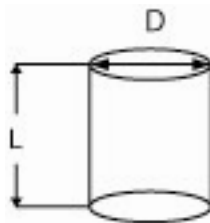


Coeficientes para ecuaciones de los Compresores

				Ct				
				Pr=				
L/D	Nu cond	G	n	0.71	6.0	100	2000	m
2	1.26	0.733	1.07	0.096	1.04	0.087	0.066	10

Coeficientes utilizados en las ecuaciones de la 2.45 a la 2.49 de las páginas 32 y 33.

Cilindro corto vertical y circular (compresor)



[Anexo 2. Especificaciones de Equipos de Medición de Temperatura]

Equipo	Especificaciones
Termómetro Láser	MANNIX INFRARED THERMOMETER MODEL # IRT11 MAX. OUTPUT: 1Mw Ware length 670 nm
Termoanemómetro	TIF TIFVA500I Temperature range: -5°C+65°C, accuracy: +-1°C Air Velocity 0,8-15m/s

[Anexo 3. Especificación Técnica Unidad Condensadora]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

Website <http://www.lgservice.com>

220V, Cooling Only(60Hz)

HP		8		10		12	
Model Name		Combination Unit	LRUV80BT1	LRUV100BT1	LRUV120BT1	LRUV80BT1	LRUV120BT1
		Independent Unit	LRUV80BT1	LRUV100BT1	LRUV120BT1		
Capacity	Cooling	W	22,400	28,000	33,600		
		kcal/h	19,300	24,100	28,900		
		Btu/h	76,400	95,500	114,700		
	Heating	W	-	-	-		
		kcal/h	-	-	-		
		Btu/h	-	-	-		
Input	Cooling	kW	7.7	9.8	11.8		
	Heating	kW	-	-	-		
Casing Color			WARM GRAY	WARM GRAY	WARM GRAY		
Compressor	Type		Scroll	Scroll	Scroll		
	Maker		LG	LG	LG		
	Piston Displacement	cm <sup>3</sup> /rev	53.5+110	53.5+110	53.5+110		
	Number of Revolution	r.p.m	3460, 3500	3460, 3500	3460, 3500		
	Motor OutputxNumber	kW	3120+6100	3120+6100	3120+6100		
	Starting Method		Direct on Line	Direct on Line	Direct on Line		
	Oil Type		SUNISO 4GSI	SUNISO 4GSI	SUNISO 4GSI		
	Oil Charge	L	5.3	5.3	5.3		
Fan	Type		Propeller Fan	Propeller Fan	Propeller Fan		
	Motor OutputxNumber	W	291x2	291x2	291x2		
	Air Flow Rate(High)	cmm	190	190	190		
		cfm	6,710	6,710	6,710		
	Drive		Inverter	Inverter	Inverter		
	Discharge	Side / Top	Top	Top	Top		
Pipe Connctions	Liquid Pipes	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)		
	Gas Pipes	mm(inch)	Ø28.58(1 1/8)	Ø28.58(1 1/8)	Ø28.58(1 1/8)		
Dimensions (W*H*D)	mm(inch)	1280 * 1607 * 730(50.4 * 63.3 * 28.7)	1280 * 1607 * 730(50.4 * 63.3 * 28.7)	1280 * 1607 * 730(50.4 * 63.3 * 28.7)			
Net Weight	kg(lbs)	300(661.4)	300(661.4)	300(661.4)			
Transmission Cable	mm <sup>2</sup>	CVV-SB 1.25X2C	CVV-SB 1.25X2C	CVV-SB 1.25X2C			
Refrigerant	Refrigerant name		R22	R22	R22		
	Control		L.E.V	L.E.V	L.E.V		
Power Supply	Ø / V / Hz	3, 220, 60	3, 220, 60	3, 220, 60			

Notes:

1. Capacities are based on the following conditions:

- Cooling \* Indoor temp. 27°C[80.6°F]DB/ 19°C[66.2°F]WB
- \* Outdoor temp. 35°C[95°F]DB/ 24°C[75.2°F]WB
- \* Interconnecting Piping Length 7.5m
- \* Level Difference of Zero

2. Capacities are net capacities

3. Due to our policy of innovation some specifications may be changed without notification

4. L.E.V.:Linear Expansion Valve

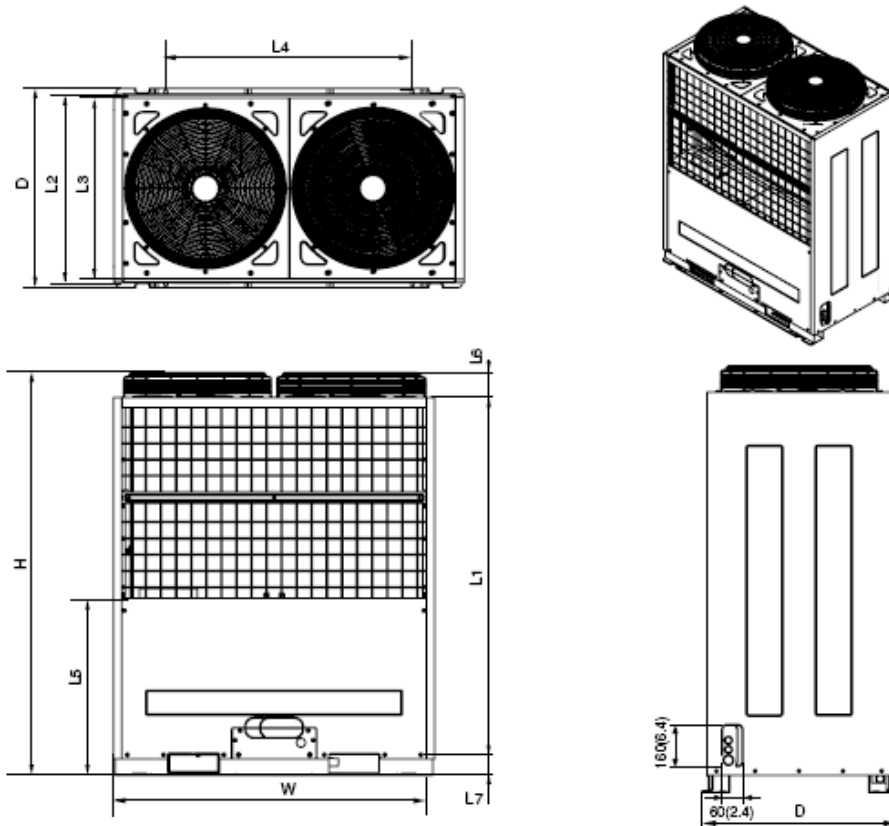
Conversion Formula

Kcal/h= kW x 860  
Btu/h = kW x 3412  
cfm = m<sup>3</sup>/min x 35.3

[Anexo 4. Dimensiones unidad condensadora]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

Website <http://www.lgservice.com>



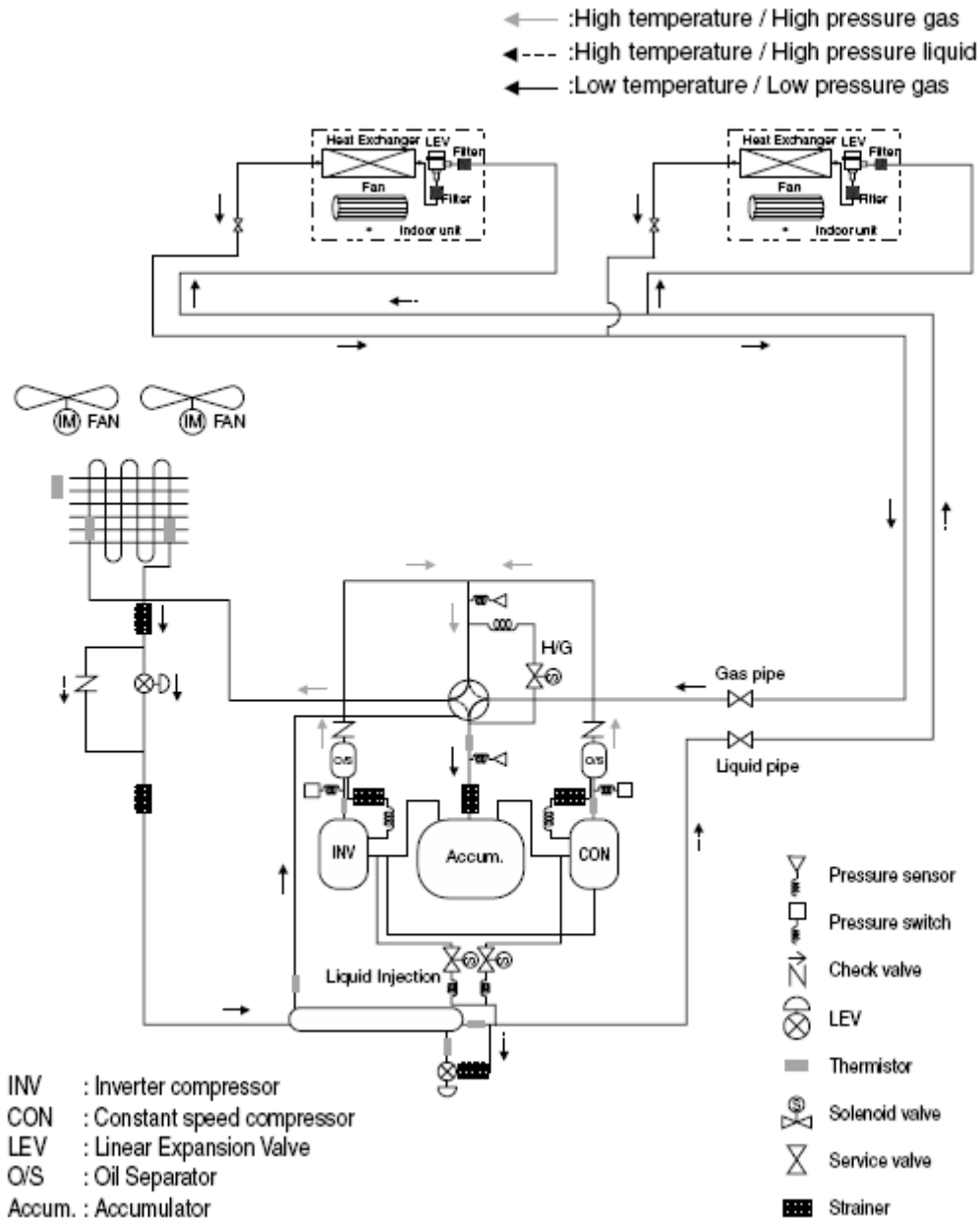
W	mm(inch)	1280(50.4)
H	mm(inch)	1607(63.3)
D	mm(inch)	730(28.7)
L1	mm(inch)	1427(56.1)
L2	mm(inch)	692(27.2)
L3	mm(inch)	670(26.3)
L4	mm(inch)	900(35.4)
L5	mm(inch)	704(27.7)
L6	mm(inch)	99(3.9)
L7	mm(inch)	82(3.2)



[Anexo 5. Diagrama del Sistema]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

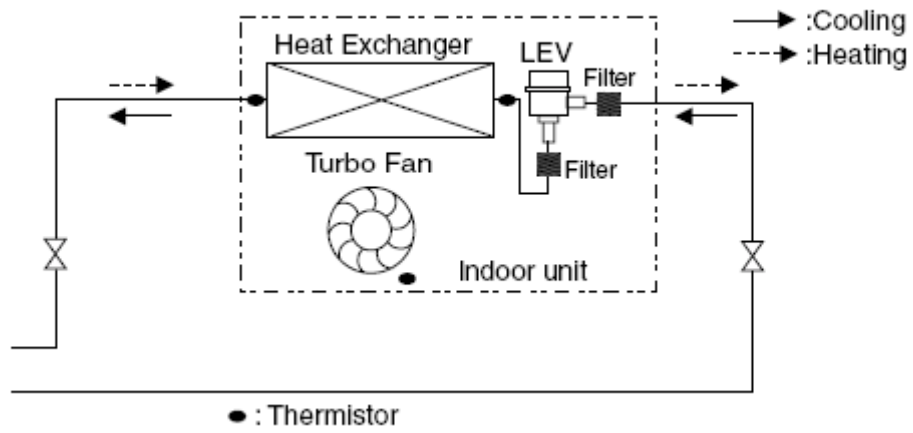
Website <http://www.lgservice.com>



[Anexo 6. Diagrama de las Unidades Evaporadoras]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

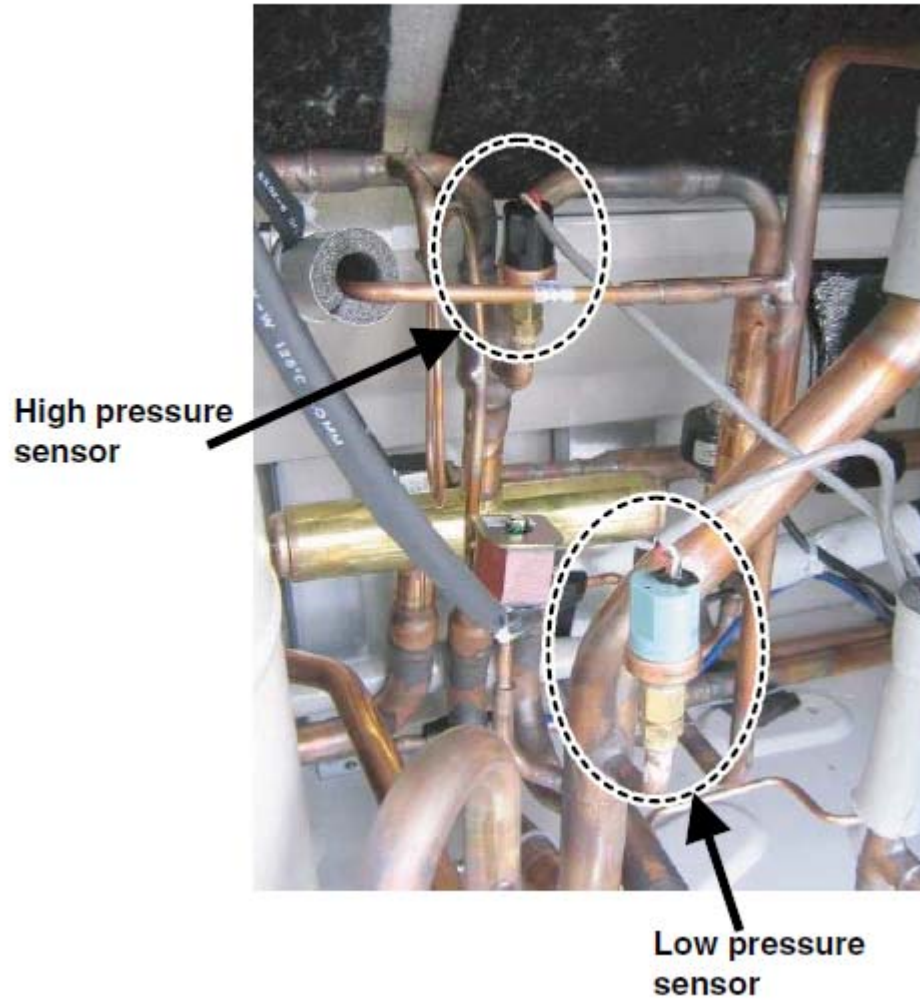
Website <http://www.lgservice.com>



[Anexo 7. Ubicación sensores de alta y baja presión]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

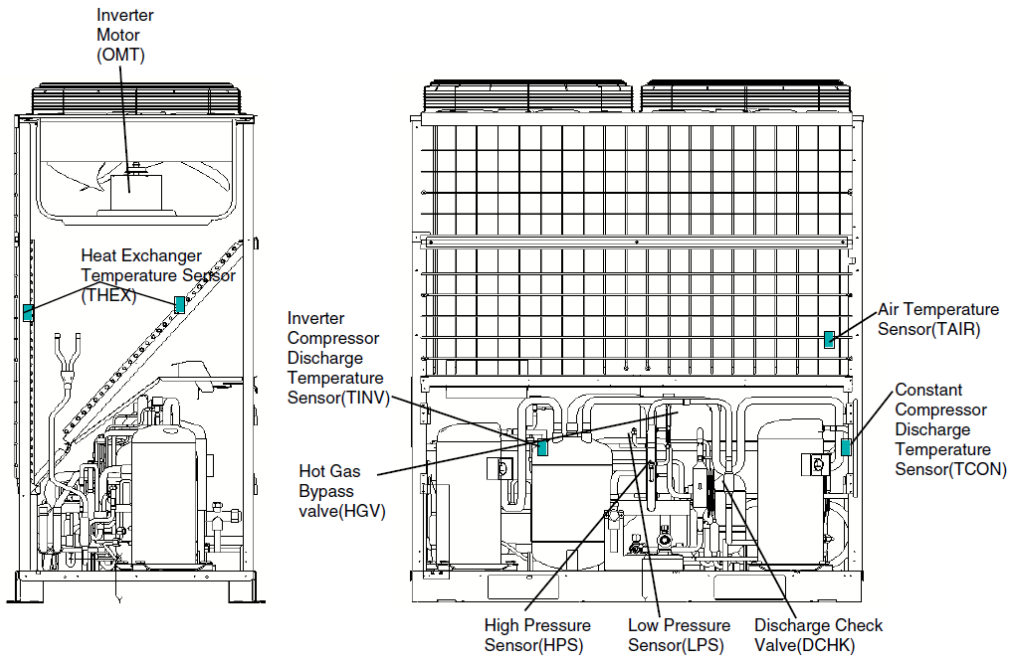
Website <http://www.lgservice.com>



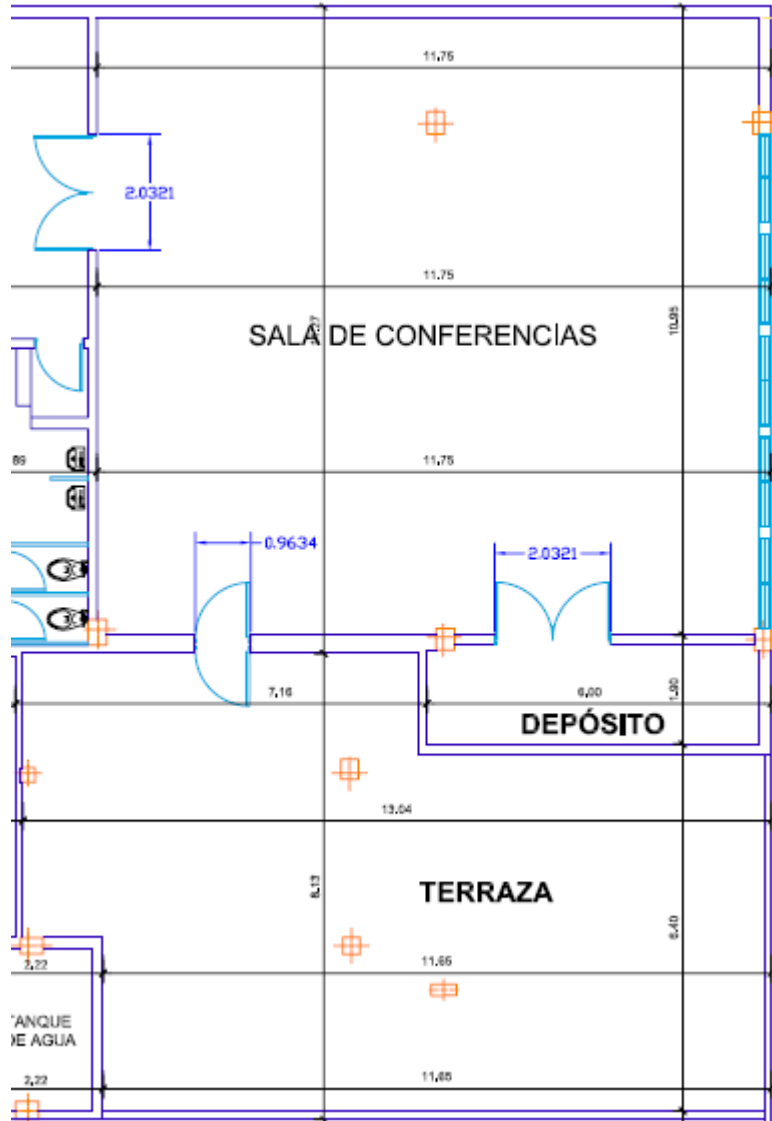
[Anexo 8. Ubicación sensores unidad condensadora]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

Website <http://www.lgservice.com>



[Anexo 9. Planta espacio de estudio.  
Reservorio=Sala de Conferencias - Terraza=Ambiente]  
Fuente: Industrial Refrimaq, C.A.



[Anexo 10. Características Técnicas, Fancoil 24000 BTU/h]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

Website: <http://www.lgservice.com>

Type		Ceiling Concealed Duct(High Static)			
Model	Unit	LRNU19GBHAD	LRNU24GBHAD	LRNU29GBHAD	
Cooling Capacity	W	5,800	7,100	8,200	
	kcal/h	4,800	6,100	7,100	
	Btu/h	19,100	24,200	28,000	
Heating Capacity	W	6,300	8,000	9,200	
	kcal/h	5,400	6,900	8,000	
	Btu/h	21,500	27,300	31,500	
Casing		Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	
Dimensions (W'D'H)	Body	mm	882x450x260	882x450x260	1182x450x298
		inch	34.7x17.7x10.2	34.7x17.7x10.2	46.5x17.7x10.2
Coil	Rows x Columns x FPI		3x10x21	3x10x21	3x12x21
	Face Area	m <sup>2</sup>	0.15	0.15	0.26
Fan	Type		Girocco Fan	Girocco Fan	Girocco Fan
	Motor Output x Number	W	118	118	390
	Running Current	A	0.92	0.92	2.30
	Air Flow Rate(H/M/L) (High Mode/factory set)	cmh	15.5/13.5/12.4	18.3/16.9/15.5	25.9/24.1/21.8
		cfm	547/477/438	646/597/547	915/851/770
	External Static Pressure	mmAq	8	8	10
	Air Flow Rate(H/M/L) (Standard Mode)	cmh	15.3/13.6/10.3	19/16.4/14.5	25.3/21.9/17.6
		cfm	540/480/364	671/579/512	893/770/622
	External Static Pressure	mmAq	6	6	8
	Drive		Direct	Direct	Direct
Motor type		BLDC	BLDC	BLDC	
Temperature Control		Microprocessor (factory set)	Microprocessor (factory set)	Microprocessor (factory set)	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material		Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	
Air Filter		-	-	-	
Safety Device		Fuse	-	Fuse	
Pipe Connections	Liquid Side	mm(Inch)	Ø15.88(5/8)	Ø9.52(3/8)	Ø9.52(3/8)
	Gas Side	mm(Inch)	Ø9.52(3/8)	Ø15.88(5/8)	Ø15.88(5/8)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm	25.0	25.0	25.0
Net Weight	kg(lbs)	35(77.2)	35(77.2)	38(83.8)	
Noise Level(Sound Press, 1.5m, H/M/L)	dBA±3	42.5/41/37	45/43/41	44/42/40	
Power Supply	Ø / V / Hz	1, 220 ~ 240, 50	1, 220 ~ 240, 50	1, 220 ~ 240, 50	
		1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60	
Refrigerant Control		EEV	EEV	EEV	
Power cable	mm <sup>2</sup>	CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	
Transmission cable	mm <sup>2</sup>	CVV-0B 1.25 X 2C	CVV-0B 1.25 X 2C	CVV-0B 1.25 X 2C	

Notes:-

- Capacities are based on the following conditions:  
Cooling • Indoor temp. 27°C(80.6°F)DB/ 19°C(66.2°F)WB  
• Outdoor temp. 35°C(95°F)DB/ 24°C(75.2°F)WB  
• Interconnecting Piping Length 7.5m  
• Level Difference of Zero  
Heating • Indoor temp. 20°C(68°F)DB/ 15°C(59°F)WB  
• Outdoor temp. 7°C(44.6°F)DB/ 6°C(42.8°F)WB  
• Interconnecting Piping Length 7.5m  
• Level Difference of Zero

2. Capacities are net capacities

3. Due to our policy of innovation some specifications may be changed without prior notification

4. To be added for more available Models

5. EEV : Electronic Expansion Valve

6. Noise Level is Standard Mode

(for actual High Mode/factory set) condition, Noise Level may exceed the standard level by 1.5dBA)

Conversion Formula

kcal/h = kW x 860

Btu/h = kW x 3412

cfm = m<sup>3</sup>/min x 35.3

[Anexo 11. Características Técnicas, Fancoil 12000 BTU/h]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

Website: <http://www.lgservice.com>

Type		Ceiling Concealed Duct (Low Static)			
Model	Unit	LRNU07GB1G0	LRNU09GB1G0	LRNU12GB1G0	
Cooling Capacity	W	2,200	2,800	3,600	
	kcal/h	1,900	2,400	3,100	
	Btu/h	7,500	9,600	12,300	
Heating Capacity	W	2,500	3,200	4,000	
	kcal/h	2,200	2,800	3,400	
	Btu/h	8,500	10,900	13,600	
Casing		Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	
Dimensions (W*D*H)	Body	mm	820 x 575 x 190	820 x 575 x 190	820 x 575 x 190
		inch	32.3 x 21.7 x 7.5	32.3 x 21.7 x 7.5	32.3 x 21.7 x 7.5
Coil	Rows x Columns x FPI		2x12x19	2x12x19	2x12x19
	Face Area	m <sup>2</sup>	0.16	0.16	0.16
Fan	Type		Sirocco Fan	Sirocco Fan	Sirocco Fan
	Motor Output x Number	W	28	28	28
	Running Current	A	0.1	0.1	0.1
	Air Flow Rate (H/M/L) (High Mode-factory set)	cmh	8.5/7.5/6.5	9.5/8.5/7.5	10.5/9.5/8.5
	External Static Pressure	mmAq	2	2	2
	Air Flow Rate (H/M/L) (Standard Mode)	cmh	8.5/7.5/6.5	9.5/8.5/7.5	10.5/9.5/8.5
	External Static Pressure	mmAq	0	0	0
	Drive		Direct	Direct	Direct
	Motor type		BLDC	BLDC	BLDC
	Temperature Control		Microprocessor Thermal for cooling and heating	Microprocessor Thermal for cooling and heating	Microprocessor Thermal for cooling and heating
Sound Absorbing Thermal Insulation Material		Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	
Air Filter		-	-	-	
Safety Device		Fuse	Fuse	Fuser	
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm	25.4	25.4	25.4
Net Weight	kg(lbs)	17(37.5)	17(37.5)	17(37.5)	
Noise Level(Sound Press, 1.5m, H/M/L)	dBA±3	35/33/31	36/34/32	37/35/33	
Power Supply	Ø / V / Hz		1, 220 ~ 240, 50	1, 220 ~ 240, 50	1, 220 ~ 240, 50
			1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60
Refrigerant Control		EEV	EEV	EEV	
Power cable	mm <sup>2</sup>	CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	
Transmission cable	mm <sup>2</sup>	CVV-SB 1.25 X 2C	CVV-SB 1.25 X 2C	CVV-SB 1.25 X 2C	

Notes:-

1. Capacities are based on the following conditions:

- Cooling
  - \* Indoor temp. 27°C(80.6°F)DB/ 19°C(66.2°F)WB
  - \* Outdoor temp. 35°C(95°F)DB/ 24°C(75.2°F)WB
  - \* Interconnecting Piping Length 7.5m
  - \* Level Difference of Zero
- Heating
  - \* Indoor temp. 20°C(68°F)DB/ 15°C(59°F)WB
  - \* Outdoor temp. 7°C(44.6°F)DB/ 6°C(42.8°F)WB
  - \* Interconnecting Piping Length 7.5m
  - \* Level Difference of Zero

2. Capacities are net capacities

3. Due to our policy of innovation some specifications may be changed without prior notification

4. To be added for more available Models

5. EEV : Electronic Expansion Valve

6. Noise Level is Standard Mode

(for actual High Mode(factory set) condition, Noise Level may exceed the standard level by 1.5dBA)

Conversion Formula

kcal/h = KW x 860

Btu/h = KW x 3412

cm = m/min x 35.3

[Anexo 12. Características Técnicas, Artcool 12000 BTU/h]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

Website: <http://www.lgservice.com>

Type		ARTCOOL			
Model	Unit	LRNU07GSP*0	LRNU09GSP*0	LRNU12GSP*0	
Cooling Capacity	W	2,200	2,900	3,600	
	kcal/h	1,900	2,400	3,100	
	Btu/h	7,500	9,800	12,300	
Heating Capacity	W	2,500	3,200	4,000	
	kcal/h	2,200	2,800	3,400	
	Btu/h	8,500	10,900	13,600	
Dimensions (W*D*H)	Body	mm	570x137x568	570x137x568	570x137x568
		Inch	22.4x5.4x22.3	22.4x5.4x22.3	22.4x5.4x22.3
Coil	Rows x Columns x FPI		2x20x20	2x20x20	2x20x20
	Face Area	m <sup>2</sup>	0.16	0.16	0.16
Fan	Type		Turbo Fan	Turbo Fan	Turbo Fan
	Motor Output x Number	W	24	24	24
	Running Current	A	0.14	0.14	0.14
	Air Flow Rate(H/M/L)	cmm	6/ 5.5 /5	7/ 6.5 /6	8.7/ 8.1 /7.5
		cfm	212/194/177	247/230/212	307/286/265
	Drive		Direct	Direct	Direct
Motor type		BLDC/BLDC	BLDC	BLDC	
Temperature Control		Microprocessor Temperature Control	Microprocessor Temperature Control	Microprocessor Temperature Control	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material		Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	
Air Filter		Resin	Resin	Resin	
Safety Device		Net(washable)	Net(washable)	Net(washable)	
Pipe Connections	Liquid Side	mm(Inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)
	Gas Side	mm(Inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm	12.2	12.2	12.2
Net Weight	kg(lbs)	12(26.5)	12(26.5)	12(26.5)	
Noise Level(Sound Press. 1m, H/M/L)	dBA±3	38/34/32	40/36/33	42/38/36	
Power Supply	Ø / V / Hz		1, 220 - 240, 50	1, 220 - 240, 50	1, 220 - 240, 50
			1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60
Refrigerant Control		LEV	LEV	LEV	
Power cable	mm <sup>2</sup>	CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	
Transmission cable	mm <sup>2</sup>	CVV-SB 1.25 X 2C	CVV-SB 1.25 X 2C	CVV-SB 1.25 X 2C	
Front Panel(" Position)		M: Metal, D: Wood, B: Blue, W: White			

Notes:-

- Capacities are based on the following conditions:
  - Cooling
    - Indoor temp. 27°C(80.6°F)DB/ 19°C(66.2°F)WB
    - Outdoor temp. 35°C(95°F)DB/ 24°C(75.2°F)WB
    - Interconnecting Piping Length 7.5m
    - Level Difference of Zero
  - Heating
    - Indoor temp. 20°C(68°F)DB/ 15°C(59°F)WB
    - Outdoor temp. 7°C(44.6°F)DB/ 6°C(42.8°F)WB
    - Interconnecting Piping Length 7.5m
    - Level Difference of Zero

Conversion Formula
Kcal/h = kW x 860
Btu/h = kW x 3412
cfm = m <sup>3</sup> /min x 35.3

- Capacities are net capacities
- Due to our policy of Innovation some specifications may be changed without notification
- L.E.V.: Linear Expansion Valve
- To be added for more available Models



[Anexo 13. Características Técnicas, Cassette 18000 BTU/h]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

Website: <http://www.lgservice.com>

\* Model Name  
A:Basic, C:Plasma

Type			4 Way Ceiling Cassette			
Model		Unit	LRNU09GTE*0	LRNU12GTE*0	LRNU18GTE*0	
Cooling Capacity	W		2,800	3,600	5,600	
	kcal/h		2,400	3,100	4,800	
	Btu/h		9,600	12,300	19,100	
Heating Capacity	W		3,200	4,000	6,300	
	kcal/h		2,800	3,400	5,400	
	Btu/h		10,900	13,600	21,500	
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	
Dimensions (W*D*H)	Body	mm	570x570x269	570x570x269	570x570x269	
		inch	22.4x22.4x10.5	22.4x22.4x10.5	22.4x22.4x10.5	
	Front Panel	mm	670x670x30	670x670x30	670x670x30	
		inch	26.4x26.4x1.2	26.4x26.4x1.2	26.4x26.4x1.2	
Coil	Rows x Columns x FPI		2x11x18	2x11x18	2x11x18	
	Face Area	m <sup>2</sup>	0.32	0.32	0.32	
Fan	Type		Turbo Fan	Turbo Fan	Turbo Fan	
	Motor Output x Number	W	35	35	35	
	Running Current	A	0.18	0.18	0.18	
	Air Flow Rate(H/M/L)	cmm		9/8/7	11/10/9	13/12/10
		cfm		318/282/247	389/353/318	459/424/353
	Drive		Direct	Direct	Direct	
	Motor type		BLDC	BLDC	BLDC	
Temperature Control			Microprocessor Thermal Control (with coil heating)	Microprocessor Thermal Control (with coil heating)	Microprocessor Thermal Control (with coil heating)	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	
Safety Device			Fuse	Fuse	Fuse	
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø6.35(1/4)	Ø6.35(1/4)	Ø9.52(3/8)	
	Gas Side	mm(inch)	Ø12.7(1/2)	Ø12.7(1/2)	Ø15.88(5/8)	
	Drain Pipe(internal Dia.)	mm	25.0	25.0	25.0	
Net Weight	kg(lbs)	19(41.9)	19(41.9)	19(41.9)		
Noise Level(Sound Press, 1.5m, H/M/L)	dBA±3	39/33/30	41/35/32	43/37/35		
Power Supply	Ø / V / Hz		1, 220 ~ 240, 50	1, 220 ~ 240, 50	1, 220 ~ 240, 50	
			1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60	
Refrigerant Control			EEV	EEV	EEV	
Power cable	mm <sup>2</sup>		CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	
Transmission cable	mm <sup>2</sup>		CVV-SB 1.25 X 2C	CVV-SB 1.25 X 2C	CVV-SB 1.25 X 2C	
Panel Color			Morning fog	Morning fog	Morning fog	
Panel Name(Acc'y)			PT-HE*1			

Notes:-

- Capacities are based on the following conditions:  
Cooling
  - Indoor temp. 27°C(80.6°F)DB/ 19°C(66.2°F)WB
  - Outdoor temp. 35°C(95°F)DB/ 24°C(75.2°F)WB
  - Interconnecting Piping Length 7.5m
  - Level Difference of Zero
- Heating
  - Indoor temp. 20°C(68°F)DB/ 15°C(59°F)WB
  - Outdoor temp. 7°C(44.6°F)DB/ 6°C(42.8°F)WB
  - Interconnecting Piping Length 7.5m
  - Level Difference of Zero

- Capacities are net capacities
- Due to our policy of innovation some specifications may be changed without prior notification
- To be added for more available Models
- EEV : Electronic Expansion Valve

Conversion Formula
kcal/h = KW x 860
Btu/h = KW x 3412
cfm = m <sup>3</sup> /min x 35.3

[Anexo 14. Características Técnicas, Cassette 28000 BTU/h]

Fuente: Multi V System Service Manual R22.

Website: <http://www.lgservice.com>

\* Model Name  
A:Basic, C:Plasma

Type			4 Way Ceiling Cassette			
Model	Unit		LRNU24GTH'D	LRNU28GTH'D	LRNU36GTD'D	
Cooling Capacity	W		7,100	8,200	10,600	
	kcal/h		6,100	7,100	9,100	
	Btu/h		24,200	28,000	36,200	
Heating Capacity	W		8,000	9,200	11,900	
	kcal/h		6,900	8,000	10,200	
	Btu/h		27,300	31,500	40,600	
Casing			Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	Galvanized Steel Plate	
Dimensions (W*D*H)	Body	mm	840x840x225	840x840x225	840x840x288	
		inch	33.0x33.0x8.9	33.0x33.0x8.9	33.0x33.0x11.3	
	Front Panel	mm	950x950x30	950x950x30	950x950x30	
		inch	37.4x37.4x1.2	37.4x37.4x1.2	37.4x37.4x1.2	
Coil	Rows x Columns x FPI		2x9x18	2x9x18	2x9x18	
	Face Area	m <sup>2</sup>	0.43	0.43	0.57	
Fan	Type		Turbo Fan	Turbo Fan	Turbo Fan	
	Motor Output x Number	W	30	30	135	
	Running Current	A	0.15	0.15	0.56	
	Air Flow Rate(H/M/L)	cmh		17/15/13	19/16/14	25/21/19
		cfm		600/529/459	671/565/494	883/742/671
	Drive		Direct	Direct	Direct	
Motor type		BLDC	BLDC	BLDC		
Temperature Control			Microprocessor Thermal Control for cooling and heating	Microprocessor Thermal Control for cooling and heating	Microprocessor Thermal Control for cooling and heating	
Sound Absorbing Thermal Insulation Material			Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	Foamed polystyrene	
Safety Device			Fuse	Fuse	Fuse	
Pipe Connections	Liquid Side	mm(inch)	Ø9.52(3/8)	Ø9.52(3/8)	Ø9.52(3/8)	
	Gas Side	mm(inch)	Ø15.88(5/8)	Ø15.88(5/8)	Ø19.05(3/4)	
	Drain Pipe(Internal Dia.)	mm	25.0	25.0	25.0	
Net Weight	kg(lbs)		24(52.9)	24(52.9)	32(70.5)	
Noise Level(Sound Press, 1.5m, H/M/L)	dBA±3		38/35/31	39/38/32	43/40/39	
Power Supply	Ø / V / Hz		1, 220 ~ 240, 50	1, 220 ~ 240, 50	1, 220 ~ 240, 50	
			1, 220, 60	1, 220, 60	1, 220, 60	
Refrigerant Control			EEV	EEV	EEV	
Power cable	mm <sup>2</sup>		CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	CV2.0 X 3C	
Transmission cable	mm <sup>2</sup>		CVV-SB 1.25 X 2C	CVV-SB 1.25 X 2C	CVV-SB 1.25 X 2C	
Panel Color			Morning fog	Morning fog	Morning fog	
Panel Name(Acc'y)				PT-HD*1		

Notes:-

- Capacities are based on the following conditions:
  - Cooling
    - Indoor temp. 27°C(80.6°F)DB/ 19°C(66.2°F)WB
    - Outdoor temp. 35°C(95°F)DB/ 24°C(75.2°F)WB
    - Interconnecting Piping Length 7.5m
    - Level Difference of Zero
  - Heating
    - Indoor temp. 20°C(68°F)DB/ 15°C(59°F)WB
    - Outdoor temp. 7°C(44.6°F)DB/ 6°C(42.8°F)WB
    - Interconnecting Piping Length 7.5m
    - Level Difference of Zero

- Capacities are net capacities
- Due to our policy of innovation some specifications may be changed without prior notification
- To be added for more available Models
- EEV : Electronic Expansion Valve

Conversion Formula

$$\begin{aligned} \text{kcal/h} &= \text{KW} \times 860 \\ \text{Btu/h} &= \text{KW} \times 3412 \\ \text{cfm} &= \text{m}^3/\text{min} \times 35.3 \end{aligned}$$

[Anexo 15. Unidades evaporadoras]  
Fuente: Multi V System Service Manual R22.  
Website: <http://www.lgservice.com>

<p><b>Ceiling Cassette- 4Way</b></p> <p>LRNU12GTEAD  LRNU18GTEAD  LRNU24GTHAD  LRNU28GTHAD  LRNU36GTDAD  LRNU42GTDAD  LRNU48GTDAD</p> 	<p><b>Ceiling Concealed Duct - High Static</b></p> <p>LRNU18GBHAD  LRNU24GBHAD  LRNU28GBGAD  LRNU36GBGAD  LRNU42GBGAD  LRNU48GBRAD</p> 
<p><b>Ceiling Concealed Duct - Low Static</b></p> <p>LRNU07GB1G0  LRNU09GB1G0  LRNU12GB1G0  LRNU18GB2G0  LRNU24GB2G0</p> 	<p><b>Wall Mounted</b></p> <p>LRNU07GSEAD  LRNU09GSEAD  LRNU12GSEAD  LRNU18GSSAD  LRNU24GSSAD</p> 
<p><b>ART COOL Mirror</b></p> <p>LRNU07GSE*0  LRNU09GSE*0  LRNU12GSE*0  LRNU18GS3*0  LRNU24GS3*0</p> <p>SE*0 : Mirror, V : Silver, D : Blue  SS*0 : Blue, M : Metal, O : Wood  R : Mirror, C : Cherry, W : White</p> 	<p><b>ART COOL</b></p> <p>LRNU07GSP*0  LRNU09GSP*0  LRNU12GSP*0</p> <p>* D : Blue, M : Metal, O : Wood  W : White</p> 