



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADOS

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADEMICO DE MAGISTER EN  
GESTION DE ENERGÍAS**

**TITULO:**

**“DISEÑO DE UN PLAN OPERATIVO DE GESTION ENERGETICA A  
PARTIR DE LA EVALUACION DE LA EFICIENCIA EN  
REFRIGERADORES DE LOS CLIENTES RESIDENCIALES DE LA  
CIUDAD DE LATACUNGA EN EL AÑO 2013”**

Autor: Saavedra Acosta, Carlos Eduardo

Tutor: M.Sc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez

LATACUNGA – ECUADOR

Diciembre, 2013



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

---

#### APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi por cuanto, el maestrante: Saavedra Acosta Carlos Eduardo, con el título de tesis **“Diseño de un plan operativo de gestión energética a partir de la evaluación de la eficiencia en refrigeradores de los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga en el año 2013”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 4 de diciembre de 2013

Para constancia firman

-----  
Lic. M.Sc. Nelson Corrales  
PRESIDENTE

-----  
Ing. M.Sc. Giovana Paulina Parra G.  
MIEMBRO

-----  
PhD. Secundino Marrero Martínez  
MIEMBRO

-----  
PhD. Ángel Oscar Columbié Navarro  
OPOSITOR

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, Octubre del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Sr. Saavedra Acosta Carlos Eduardo, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico cuyo título es: **“Diseño de un plan operativo de gestión energética a partir de la evaluación de la eficiencia en refrigeradores de los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga en el año 2013”**

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente,

-----  
M.Sc. Ing. Gabriel Hernández Ramírez  
DIRECTOR DE TESIS

## AUTORÍA

Yo, Carlos Eduardo Saavedra Acosta, portador del número de cédula 1802248425, declaro que la presente Tesis de Grado es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento

---

Carlos Eduardo Saavedra Acosta

1802248425

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, y a cada uno de mis maestros de posgrado que compartieron sus conocimientos.

A Dios: por su bondad y misericordia, por guiar cada paso en todos los actos de mi vida, por mostrarme que siempre hay una luz al final del camino y por llevarme en sus brazos cuando me he quedado sin fuerzas.

Al M.Sc. Gabriel Hernández por su amistad, ayuda incondicional, consejos y guía desinteresada en el desarrollo y culminación del presente trabajo.

Carlos

## **DEDICATORIA**

A mis padres: Galo y Edita, por darme la vida y por todos los momentos felices que he pasado al lado de ellos, por todo el amor que me han dado y porque siempre creyeron en mí.

A mi esposa: Nancy porque tú has sido pilar fundamental en todas las metas propuestas y en los logros alcanzados, eres y siempre serás muy especial en mi vida, TE AMO MUCHO!!!.

A mis hijos: Carlos Patricio y Luis Eduardo, porque son la alegría y la dicha más grande que he tenido, ustedes son el mayor tesoro que la vida me ha dado.

Carlos

CERTIFICACIÓN DE CRÉDITOS QUE AVALAN LA TESIS

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
UNIDAD DE POSGRADOS

PROGRAMA: “MAESTRIA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”

**“Diseño de un plan operativo de gestión energética a partir de la evaluación de la eficiencia en refrigeradores de los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga en el año 2013”**

Autor: Carlos Eduardo Saavedra Acosta

Fecha: diciembre de 2013

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADOS

MAESTRIA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

**TITULO: “Diseño de un plan operativo de gestión energética a partir de la evaluación de la eficiencia en refrigeradores de los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga en el año 2013”**

AUTOR: SAAVEDRA ACOSTA Carlos Eduardo

TUTOR: M.Sc. HERNÁNDEZ Gabriel

### RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio documental y de campo, de la demanda energética de los refrigeradores antiguos y modernos, que se encuentran en el área urbana del cantón Latacunga, con el objetivo de determinar el consumo real de la energía eléctrica, se caracterizó los refrigeradores ineficientes con más de diez años de funcionamiento y los refrigeradores con tecnología actual. Apoyado en el resultado de las encuestas realizadas a la muestra seleccionada, se determinan los hábitos de uso de la energía eléctrica en los hogares del cantón Latacunga. Con los datos obtenidos se evaluaron los consumos a la entrada de los refrigeradores antiguos y modernos, determinando sus verdaderos requerimientos energéticos, definiendo mediante el VAN y la TIR. Se propone un Plan Operativo de Gestión Energética para la ciudad de Latacunga y aplicable a cualquier sector en donde se cuente con el tipo de electrodomésticos estudiado con el que se mejorará el criterio de uso de la energía eléctrica y se disminuirá el consumo en el cliente residencial. El plan incluye la recuperación de materias primas y la destrucción controlada de los componentes no utilizados para reducir el impacto ambiental

**Descriptor:** eficiencia energética, consumo energético, Capa de Ozono, SAO

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY  
UNIT GRADUATE MASTER OF ENERGY MANAGEMENT

**TITLE: "Design of an operational energy management plan from the assessment of the efficiency of refrigerators residential customers in Latacunga city in 2013"**

Author: Carlos Eduardo ACOSTA SAAVEDRA

TUTOR: M.Sc. Gabriel Hernandez

ABSTRACT

In this paper a documentary and field study of the energy demand of the ancient and modern refrigerators, which are in the urban area of Latacunga city, in order to determine the actual consumption of electricity was made, was characterized inefficient refrigerators with more than ten years of operation and refrigerators with current technology. Supported by the results of surveys of the selected sample, the habits of electricity use in homes in Latacunga city have been determined. With consumption data obtained at the entrance to the ancient and modern refrigerators were evaluated by determining their true energy requirements, defining by VAN and TIR. An Operational Energy Management Plan for the city of Latacunga and applicable to any sector where it has the type of appliances studied with the use of the criterion will be improved and power consumption is reduced by the proposed residential customer. The plan includes the recovery of raw materials and controlled destruction of unused components to reduce environmental impact.

Descriptors: energy efficiency, energy consumption, Ozone Layer, SAO

Aval de la traductora:

\_\_\_\_\_  
Lic. Alison Mena Barthelotty  
C.I.: 050180125-2

## INDICE GENERAL

	Páginas
CONTENIDO	
PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
AUTORÍA	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
<b>CAPITULO I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Formulación del problema	3
1.3 Objeto de estudio	5
1.4 Justificación de la investigación	5
1.5 Objetivos	6
<b>1.6</b> Hipótesis	6
<b>CAPITULO II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes	7
2.2 Fundamento teórico	10
2.2.1 Refrigerador doméstico	10
2.2.2 Etiquetas de eficiencia	10
2.2.3 Valor actual neto	11
2.2.4 Tasa interna de retorno	12
2.2.5 Relación beneficio costo	12
2.2.6 Principios de refrigeración	14

2.2.7	Mejoras en los sistemas de refrigeración	18
2.2.7.1	Diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD)	20
2.2.7.2	Método de eficiencia-NTU ( $\varepsilon - NTU$ )	21
2.2.8	Cambio de refrigerante R12 por R 134 a	35
2.2.9	Análisis de la presión versus temperatura de saturación	36
2.2.10	Capacidad de refrigeración	37
2.2.11	Modificaciones en los sistemas para uso del R 134a	38
2.2.12	Control de sistemas	39
2.3	Marco legal vigente	40
2.4	Definición de términos	41

### **CAPITULO III METODOLOGÍA**

3.1	Diseño de la investigación	44
3.1.1	Modalidad de la investigación	44
3.1.1.1	De campo	44
3.1.1.2	Bibliográfica - documental	45
3.1.2	Tipos de investigación	45
3.1.2.1	Descriptiva	45
3.1.2.2	Exposfacto	46
3.2	Operacionalización de variables	46
3.3	Procedimiento de la investigación	47
3.4	Población y muestra	48
3.4.1	Fundamentación de la elección	49
3.6	Métodos y técnicas empleadas	51
3.7.	Características de los analizadores	53

### **CAPITULO IV ANÁLISIS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

4.1.	Determinación de los clientes residenciales en Latacunga	56
4.2.	Encuesta a clientes residenciales de Latacunga	57
4.3.	Determinación de las curvas de carga mediante	

	Mediciones	68
4.4.	Determinación del consumo de los electrodomésticos	71
4.5.	Características de consumo de los refrigeradores eficientes	73
4.6.	Cuantificación del ahorro de energía	73
4.7.	Estimación del beneficio económico al consumidor	75
4.8.	Estimación del beneficio económico a la distribuidora	79
4.9.	Estimación del beneficio social	79
4.10	Estimación del beneficio ambiental.	80

## **CAPITULO V: LA PROPUESTA**

5.1.	Título de la propuesta	82
5.2.	Justificación de la propuesta	82
5.3.	Objetivos de la propuesta	83
5.3.1	Objetivo general	83
5.3.2	Objetivos específicos	83
5.4.	Alcance	84
5.5.	Estructura de la propuesta	84
5.6.	Desarrollo de la propuesta	84
5.7.	Acciones del Plan Operativo de Gestión Energética	85
5.7.1	Acciones sin inversión	85
5.7.2.	Acciones con inversión	86
5.8	Estrategias del Plan Operativo de Gestión Energética	86
5.8.1	Información y formación	87
5.8.2	Incentivos y financiamiento	89
5.8.3	Requisitos para acceder al plan de recambio	90
5.8.4	Acciones administrativas	91
5.8.5	Medidas complementarias	93
5.9	Gestión de residuos	94
5.9.1	Recolección y recepción	94
5.9.2	Almacenamiento temporal	95
5.9.3	Registros de entrada de los refrigeradores	96
5.9.4	Despiece del equipo de refrigeración	96

5.9.5.-	Extracción de gases refrigerantes y aceites de los circuitos	99
5.9.6	Extracción de las espumas aislantes	101
5.9.7.-	Trituración y separación del resto de fracciones	103
5.9.8	Destrucción de los gases refrigerantes	105
5.10	Mercado de Bonos de Carbono	106
5.10.1	Bonos de Carbono	106
5.10.2	Mercado de Carbono	106
5.11	Procedimiento para vender bonos de Carbono	108
5.12	Evaluación económica de la propuesta	108
5.12.1	Costos de la campaña informativa	108
5.12.2	Costo del refrigerador retirado	109
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA	113
	ANEXOS	118

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1:	Fundamento del ciclo mecánico de refrigeración	15
Gráfico 2.2:	Filosofía del modelado en stmas. compresión a vapor	19
Gráfico 2.3:	Variación de temperatura a lo largo de intercambiador de flujo paralelo	20
Gráfico 2.4:	Variación de temperatura a lo largo de intercambiador en contracorriente.	22
Gráfico 2.5:	Temperatura interna del refrigerador con y sin PCM	28
Gráfico 2.6:	Rotación del compresor versus capacidad frigorífica	32
Gráfico 2.7:	Rotación del compresor versus consumo de energía	33
Gráfico 2.8:	Rotación del compresor versus consumo de energía	33
Gráfico 2.9:	Potencia asignada del compresor versus rendimiento	34
Gráfico 2.10:	Presión Vs temperatura de Saturación	36
Gráfico 2.11:	Efecto Refrigerante volumétrico Versus temperatura de Evaporación.	37

Gráfico 3.1:	Delimitación de la zona de estudio	49
Gráfico 3.2:	Medición de parámetros eléctricos en un refrigerador dos puertas	53
Grafico 4.1:	Distribución de numero miembros por familia en Latacunga	61
Grafico 4.2:	Distribución de refrigeradores por años de uso	62
Grafico 4.3:	Distribución de refrigeradores de una y dos puertas	63
Grafico 4.4:	Distribución de refrigeradores con/sin stma. No frost	64
Grafico 4.5:	Veces que abren la puerta del refrigerador al día	64
Grafico 4.6:	Refrigeradores con selección de diferentes dial	65
Grafico 4.7:	Refrigeradores sometidos a mantenimiento	66
Grafico 4.8:	Cientes que conocen sobre el plan renova	66
Grafico 4.9:	Hogares que consideran que ahorran energía	67
Grafico 4.10:	Cientes dispuestos a cambiar sus refrigeradores	68
Grafico 4.11:	Curva Típica de refrigerador una puerta vertical	68
Grafico 4.12:	Curva Típica de refrigerador dos puertas con valores	69
Grafico 4.13:	Curva Típica de refrigerador dos puertas con analizador	69
Grafico 4.14:	Curva de carga Refrigerador de dos puertas dial 3	70
Grafico 4.15:	Curva de carga Refrigerador de más de 25 años de vida	71
Gráfico 5.1:	Procedimiento para la sustitución del refrigerador	90
Gráfico 5.2:	Diagrama del proceso de chatarrización de refrigeradores	94
Gráfico 5.3:	Almacenamiento refrigeradores retirados	95
Gráfico 5.4	Peso por componentes de un refrigerador doméstico	98
Gráfico 5.5:	Recuperación de refrigerante	99
Gráfico 5.6:	Registro y almacenamiento del gas recuperado	100
Gráfico 5.7:	Extracción de espumas aislantes	102
Gráfico 5.8:	Clasificación, pesaje, almacenamiento temporal de materiales segregados	104

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1:	Ahorro de energía	26
Cuadro 2.2:	Comparación desempeño refrigerador con y sin PCM	27
Cuadro 2.3:	Distribución de pérdidas en un motor ABB M3BP	29

Cuadro 2.4:	Características de los refrigerantes R12 y R134 a	36
Cuadro 3.1:	Variable Independiente	46
Cuadro 3.2:	Variable Dependiente	46
Cuadro 3.3:	Población	48
Cuadro 3.4:	Tamaño de la muestra	51
Cuadro 3.5:	Datos de entrada al analizador	54
Cuadro 3.6:	Funciones de medición del analizador	54
Cuadro 3.7:	Especificaciones generales de uso del analizador	55
Cuadro 4.1:	Clientes residenciales por Sectores urbanos de Latacunga	56
Cuadro 4.2:	Usuarios por rangos de consumo y tamaño de la muestra	57
Cuadro 4.3:	Potencia medida, horas de uso y energía total consumida	58
Cuadro 4.4:	Cantidad de electrodomésticos por estratos de consumo	59
Cuadro 4.5:	Consumo de energía kWh_mes por estratos de consumo	60
Cuadro 4.6:	Electrodomésticos de mayor consumo energético	73
Cuadro 4.7:	Distribucion refrigeradores por numero de puertas y años de uso	74
Cuadro 4.8:	Evaluación del ahorro energético en refrigeradores	74
Cuadro 4.9:	Calculo del VAN, TIR Y B/C refrigerador una puerta	76
Cuadro 4.10:	Calculo del VAN, TIR Y B/C refrigeradores dos puertas	77
Cuadro 4.11:	Periodo recuperación refrigerador de una puerta	78
Cuadro 4.12:	Periodo de recuperación del refrigerador de dos puertas	78
Cuadro 4.13:	Costo total por las NO emisiones de CO2	81
Cuadro5.1:	Barreras generales para el cambio de refrigeradores	87
Cuadro 5.2:	Materiales que componen un refrigerador domestico	97
Cuadro 5.3:	Porcentaje de materiales del proceso de chatarrización	98
Cuadro 5.4:	Destino final de los materiales reciclados	104
Cuadro 5.5:	Costos de publicidad	108
Cuadro 5.6:	Tabla salarial actualizada 2013	109
Cuadro 5.7:	Gastos Totales del programa	110
Cuadro 5.8:	Calculo del VAN, TIR Y B/C del POGE	110

## **CAPITULO I: EL PROBLEMA**

### **1.1. Antecedentes**

Desde la década de los 70, la incertidumbre de los países desarrollados y dependientes de las importaciones petroleras respecto de las condiciones de abastecimiento, en términos de seguridad, cantidad y precio, fue desencadenante de la incorporación del ahorro, el uso racional y la eficiencia energética en el diseño y las metas que establecerían en sus sistemas energéticos.

Desde aquella década y en la siguiente, en Japón y Europa, principalmente, se realizaron los mayores esfuerzos para diversificar los centros de abastecimiento, procurar el desarrollo de otras fuentes y profundizar en el uso eficiente de la energía en todos los ámbitos de su uso. Los estudios y las normas abarcaron también los usos residenciales y los espacios públicos, no sólo en cuanto a la mayor eficiencia de los equipos, sino también en la construcción, los materiales, el aislamiento y el uso de los espacios constructivos.

Actualmente, debido al exagerado consumo de los recursos del planeta y a la acelerada contaminación ambiental, el tema permanece en boga. Esto se puede ver con la aparición en numerosos países de un conjunto de disposiciones legales y normas, muchas veces impulsados por la promoción y el cofinanciamiento de organismos internacionales, como se observa en América Latina.

En el Ecuador el crecimiento de la economía nacional conlleva un aumento en el consumo eléctrico, forzando un aumento de la oferta energética disponible. Ello se traduce en mayores conflictos ambientales derivados de la generación, distribución y uso de la energía.

El reto de incorporar variables de sostenibilidad en el desarrollo de la matriz energética requiere concertar el abastecimiento de la creciente demanda de energía con una protección efectiva del medio ambiente. Hacer uso eficiente de la energía es un requisito ineludible de todos los actores del mercado energético: productores, consumidores, reguladores y una estrategia que contribuya a mejorar la competitividad de la economía y disminuir los impactos ambientales.

En este contexto los refrigeradores representan uno de los usos finales sobre los cuáles recae gran parte de la actividad en el mundo de la eficiencia energética, ya que representan uno de los consumos individuales más importantes dentro del sector residencial y que, además, tiene un potencial de ahorro muy importante pudiendo aumentarse su eficiencia de forma considerable en forma rentable. Con el fin de encontrar nuevas formas de ahorrar energía se ha planteado la posibilidad de realizar un cambio de los refrigeradores con más de diez años de uso por refrigeradores de mayor eficiencia energética. Por lo que en el presente proyecto se propone analizar el impacto técnico-económico, energético y ambiental al realizar la sustitución de refrigeradores antiguos (más de diez años de uso) por refrigeradores eficientes. Esta sustitución se propone realizar en los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga, en un periodo de corto plazo y con la debida coordinación y auspicio de la Empresa Eléctrica Cotopaxi S.A. (ELEPCOSA).

El refrigerador es uno de los electrodomésticos de mayor consumo eléctrico en el hogar, puesto que está encendida en forma continua durante todo el año, independientemente de la intermitencia de su funcionamiento. Las dimensiones y prestaciones de cada refrigerador determinan el nivel de consumo de energía. Actualmente, los refrigeradores comercializados en el país, presentan la etiqueta de eficiencia, informando al usuario al momento de la compra sobre el nivel de su eficiencia energética y el consumo aproximado esperado para un fácil cálculo de los ahorros factibles de realizar por su elección.

Si se desconoce la capacidad de desempeño y funcionamiento de un refrigerador, y no se llega a determinar y evaluar para proponer una solución al problema del alto consumo en los refrigeradores obsoletos, se continuará desperdiciando energía y ocasionando que el usuario pague altas planillas de consumo eléctrico en desmedro de su bolsillo sin obtener ningún beneficio, lo contrario nos permitirá evaluar su impacto energético y económico lo que conllevará a realizar propuestas de cambio con refrigeradores eficientes energéticamente por lo que, la investigación se realizará en los clientes residenciales del casco urbano de la ciudad de Latacunga. Para alcanzar este propósito es necesario que el usuario cuente con un plan de gestión y control energético

## **1.2 Formulación del problema**

El Ecuador tiene el reto de mantener un crecimiento económico sostenido, semejante al de los países de la región, por lo que, la disponibilidad de suministro energético es indispensable para el desarrollo de actividades productivas que permitan asegurar su competitividad a largo plazo.

Este panorama ha llevado al país a identificar y aplicar medidas que contribuyan a la preservación y uso racional de los recursos naturales. Una de las alternativas de mayor impacto y menor costo es la eficiencia energética de los aparatos y sistemas que usan y transforman la energía.

El uso final con mayor participación en horas de máxima demanda es la iluminación, misma que se presenta entre las 18H00 y 22H00, llegando a su pico a las 19h30, sin embargo la refrigeración se presenta como una carga base permanente, y las acciones a realizar a efectos de disminuir el consumo en horas pico tendrán alto efecto con refrigeradores eficientes.

La refrigeración al igual que la iluminación tradicionalmente son los de mayor consumo de electricidad a nivel residencial con una tendencia creciente de consumo, esto debido a varios factores.

Por una parte, debido a la antigüedad de las refrigeradoras que han cumplido con su tiempo de vida útil, que si bien están funcionando tienen una tendencia a consumir el doble y hasta el triple de energía comparada con las actuales y modernas.

Otro de los problemas es que al no darse el mantenimiento adecuado a las partes y piezas, como por ejemplo el cambio de los cauchos que realizan el cierre hermético de las puertas, para evitar la entrada de aire desde el exterior al interior, ocasiona que las refrigeradoras arranquen consecutivamente con un incremento en el consumo eléctrico.

Analizando la eficiencia energética por categorías, y según las mediciones realizadas, se observa que una refrigeradora con clasificación energética D, de 300 litros consume 594,95 kWh/año, mientras que ese mismo artefacto con clasificación "A" puede llegar a consumir 249,87 kWh/año, con un ahorro superior al 50%. Estos datos revelan la necesidad del país, respecto al control de eficiencia energética en artefactos de refrigeración.

La eficiencia energética entonces es un mecanismo que permite mantener el mismo nivel de calidad de vida y el crecimiento económico de los países que los aplican, consumiendo menos energía. Es decir, que este mecanismo es aplicable a todos los sistemas energéticos entre los que se cuentan la energía eléctrica y puede aplicar eficiencia energética en los sistemas industriales, comerciales, alumbrado público, refrigeración transporte entre otros. Entonces se considera que, aquella energía que no se consume es en realidad un recurso, de igual categoría que cualquier otra fuente.

**El Problema.-** La existencia de tecnología obsoleta, provoca baja eficiencia energética, y la contaminación ambiental por la presencia de refrigerantes nocivos para el medio ambiente.

Por lo que, **“La evaluación de la eficiencia energética de refrigeradores obsoletos, en comparación con refrigeradores modernos para la reducción de la demanda en clientes residenciales de la ciudad de Latacunga en el año 2013. Diseño de un plan operativo de gestión energética”**, permitirá cuantificar el ahorro energético, reducción de los costos de la planilla de consumo y la aplicación de la huella de carbono al dejar de contaminar el medio ambiente al disminuir la emisión de CO<sub>2</sub>. Además de viabilizar su aplicación

### **1.3.- Objeto de estudio**

Refrigeradores domésticos con más de diez años de funcionamiento ubicados en el sector urbano del cantón Latacunga.

### **1.4 Justificación de la Investigación**

Con el desarrollo del presente trabajo, se pretende que los clientes residenciales de la ELEPCO S.A. situados en la ciudad de Latacunga dispongan de una herramienta que contenga información teórica y práctica, la cual permita en primer lugar evaluar el posible ahorro energético y económico para posteriormente en base a un diseño de un plan operativo de gestión energética, implementar el cambio de refrigeradores obsoletos por equipos de mejor eficiencia energética disminuyendo así los costos de su planilla eléctrica, lo que conlleva a la reducción de daño al medio ambiente por el menor requerimiento de energía en las etapas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica así como en el uso final.

Este estudio analizará aspectos importantes que permitirá al sector residencial tomar sus decisiones encaminadas a realizar el cambio de refrigeradores con un

criterio técnico y con conciencia ambiental, además que se brindará asesoría energética, en lo que respecta al uso de nuevas tecnologías y aparatos electrodomésticos eficientes indicando las bondades que representan.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 Objetivos generales**

- Evaluar la eficiencia energética de los refrigeradores domésticos con tecnología obsoleta en los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga, para determinar la factibilidad de sustitución.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Analizar el marco teórico relacionado a la eficiencia energética en refrigeradores domésticos
- Caracterizar el parque de refrigeradores en la Ciudad de Latacunga, edad, eficiencia, etc.
- Cuantificar el ahorro de energía, en los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga. Y el aumento de la disponibilidad de potencia liberada, a través del reemplazo de refrigeradores por unidades más eficientes energéticamente
- Proponer un plan operativo de eficiencia energética ambiental para el cambio de refrigeradores obsoletos por equipos eficientes en los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga

## **1.6 Hipótesis**

La sustitución de refrigeradores con más de diez años de funcionamiento por refrigeradores eficientes y la propuesta de un plan operativo de Gestión energética permitirá reducir el consumo de energía eléctrica, bajar el costo de la planilla de consumo y la disminución del impacto ambiental.

## **CAPITULO II MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes**

La idea de reducir el consumo de energía en los hogares no es nueva; sino que ya ha sido implementada en varios países europeos y latinoamericanos, en donde han existido experiencias favorables que se describen a continuación.

En España, el 28 de Noviembre del 2003 fue aprobado el plan de acción del programa de Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012; siendo parte del plan de acción de este programa el plan RENOVE”. Este plan propone la introducción de incentivos económicos que estimulen la compra de equipos clase A, buscando sustituir dos millones de equipos entre refrigeradores, congeladores lavadoras y lavavajillas durante el periodo de vigencia del plan.

En la actualidad se tiene conocimiento que el plan se sigue ejecutando en las diferentes provincias de España, pero se desconoce el grado de éxito alcanzado

En México el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), tiene como misión “promover e inducir, con acciones y resultados concretos el ahorro de energía eléctrica entre los consumidores. También en este país el programa de refrigeradoras (Cambia tu viejo por uno nuevo), tiene como iniciativa el dar apoyo financiero a los consumidores residenciales para que estos cambien sus refrigeradores ineficientes de más de ocho años de antigüedad, por equipos eficientes de la misma capacidad o como máximo de capacidad inmediatamente superior, con lo cual se obtendrán ahorros energéticos de más del 40 % de sus consumos.

Colombia presento el proyecto “cambia tu nevera, Ahorras Tu, Gana el Planeta y Protegemos la capa de Ozono”, el mismo que consistió en realizar un plan piloto en Bogotá para sustituir refrigeradores domésticos, de diferentes tamaños y

marcas, que contenían compuestos clorofluorocarbonos (CFC) y que se encontraban en poder de los consumidores, también incluyó la gestión de los residuos de los equipos sustituidos que consistió en aprovechar algunas de las partes y destrucción de los CFC y de la espuma de poliuretano que era usada como aislamiento. El país ha reconvertido la totalidad de las empresas fabricantes de refrigeradores domésticos a tecnologías libres de CFC, y desde el año 1997 no se producen estos equipos en el país con las sustancias agotadoras de ozono. De igual forma, las empresas nacionales fabricantes de equipos de refrigeración comercial e industrial han eliminado el uso de los CFC en los procesos de manufactura desde finales del año 2006.

En Argentina, desde el año 2006 comenzó a implementarse, escalonadamente, el sistema de etiquetado de refrigeradores. Según la proyección realizada se calcula que el efecto sobre el consumo eléctrico en el total del parque de refrigeradores por el hecho de haber comenzado a etiquetar, ha inducido a los fabricantes a introducir variantes en los modelos de estos aparatos que habrían dado lugar, según las evidencias presentadas, a un ahorro del 32% en promedio.

En el Ecuador mediante el plan RENOVA, se tiene el proyecto “sustitución de 330.000 refrigeradores ineficientes”. El gobierno nacional a través del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables ha planificado un nuevo sistema para motivar la reducción del consumo (demanda) de energía eléctrica en el sector residencial, por medio de la renovación de refrigeradoras obsoletas con más de 10 años de uso, por otras nuevas y eficientes de un volumen de enfriamiento entre 280 y 340 litros (10 a 12 pies cúbicos), que consumen aproximadamente 3 veces menos energía, para lo cual se está entregando un estímulo a los usuarios del sector residencial que consuman hasta 200 kWh/mes, el estímulo será complementado con un crédito directo otorgado por el Banco Nacional de Fomento para financiar la refrigeradora nueva.

El Programa busca la renovación en un periodo de 5 años, lo cual ayudará a cambiar la matriz energética del país a través de la demanda de electricidad

en el sector residencial, con el uso de electrodomésticos más eficientes, estimular la producción a nivel nacional de equipos eficientes y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, que incrementan día a día el calentamiento global.

El proyecto igualmente contempla un proceso de disposición final de las refrigeradoras obsoletas que será supervisado por el Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) y, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE)

De lo citado anteriormente se desprende que la mayoría de los países vecinos y el Ecuador, han emprendido una tarea en el cambio de refrigeradores con el fin de reducir la demanda eléctrica y la contaminación ambiental. Se hace entonces necesario estudiar y evaluar la reducción de la demanda eléctrica así como su impacto en la planilla de consumo además de evaluar el impacto ambiental que provoca la eliminación de sustancias contaminantes al ambiente.

Por otra parte, es claro que el consumo de energía de un refrigerador depende de diversos factores como son la edad y el estado del compresor, la calidad del aislamiento térmico, su exposición a fuentes de calor como hornos o rayos solares, el funcionamiento del termostato, el estado de los sellos de las puertas, el régimen de uso y el modo de empleo por parte del usuario. Cuando un refrigerador presenta un consumo excesivo, la causa puede ser cualquiera de las mencionadas o una combinación de ellas.

Los refrigeradores se han convertido en los dispositivos de mayor consumo de electricidad en los hogares que tienen gas natural para cocción y calentamiento de agua. El país está comprometido en la promoción de Programas de Uso Racional y Eficiente de Energía en toda la cadena energética incluido el uso final. Los refrigeradores son fuente importante de consumo y por lo tanto de ahorro energético potencial.

Teniendo en cuenta lo citado anteriormente, es importante el presente trabajo para evaluar realmente la conveniencia o no de la sustitución de los equipos de refrigeración obsoletos ineficientes que dañan el medio ambiente.

Una vez determinado el impacto que produciría el cambio de refrigeradores obsoletos por refrigeradores eficientes como propuesta del proyecto es el diseño de un plan operativo que permita aplicar adecuadamente el plan aplicado a los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga.

## **2.2 Fundamento Teórico**

### **2.2.1.- Refrigerador de Uso doméstico**

La norma técnica Ecuatoriana NTE INEN (2 206:2004) establece que:  
**Refrigerador doméstico. Gabinete aislado de volumen y equipo apropiado para uso doméstico, enfriado por uno o más medios de consumo de energía y que tiene uno o más compartimientos destinados para la preservación de los alimentos. Uno de los cuales, por lo menos, es usado para depósito de alimentos frescos (p2)**

Los refrigeradores domésticos tienen un fuerte impacto en el consumo energético del hogar, pues es utilizado para conservar frescos los alimentos por lo tanto permanece en funcionamiento gran cantidad de horas durante el día.

### **2.2.2.- Etiquetas de eficiencia energética**

La OLADE (2011) describe a las etiquetas de eficiencia energética como:

**Son esencialmente “sellos de aprobación” de acuerdo a un conjunto específico de criterios. Este tipo de etiqueta tiene las siguientes características: Identifica productos eficientes, solo un pequeño porcentaje de productos disponibles son etiquetados, muy simple para el cliente, implementado con base voluntaria. (p1)**

El uso de la etiqueta de eficiencia energética entonces, permite que los consumidores cuenten con un elemento adicional que ayude, a la hora de decidir la compra de un nuevo electrodoméstico o artefacto eléctrico, a optimizar su compra por comparación, considerando la eficiencia energética del equipo. La Etiqueta ordena los artefactos de igual prestación de acuerdo a siete clases de eficiencia energética que se identifican con letras desde A más eficiente hasta G menos eficiente.

### 2.2.3.- Valor actual neto

Wikipedia (2003) define como el valor actualizado neto o valor presente neto, cuyo acrónimo es VAN, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

El método de valor presente es uno de los criterios económicos más ampliamente utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

La fórmula que nos permite calcular el Valor Actual Neto es la ecuación No.2.1

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad \text{Ec: 2.1}$$

$V_t$  Representa los flujos de caja en cada periodo t.

$I_0$  Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

$n$  Es el número de períodos considerado.

$K$  es el tipo de interés.

#### 2.2.4.- Tasa interna de retorno

Wikipedia (2013) define como el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, y que implica por cierto el supuesto de una oportunidad para "reinvertir". En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto expresada por la TIR supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

La Tasa Interna de Retorno TIR es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN, y viene dado por la ecuación No. 2.2

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0 \quad \text{Ec: 2.2}$$

Dónde:

$F_t$  Es el Flujo de Caja en el periodo t.

$n$  Es el número de periodos.

$I$  Es el valor de la inversión inicial.

#### 2.2.5.- Relación de Beneficio Costo.

Aula Fácil.com (2013) establece que, contrario al VAN, cuyos resultados están expresados en términos absolutos, este indicador financiero expresa la rentabilidad en términos relativos. La interpretación de tales resultados es en centavos por cada "dólar" que se ha invertido.

Para el cómputo de la Relación Beneficio Costo (B/C) también se requiere de la existencia de una tasa de descuento para su cálculo.

En la relación de beneficio/costo, se establecen por separado los valores actuales de los ingresos y los egresos, luego se divide la suma de los valores actuales de los costos e ingresos.

Situaciones que se pueden presentar en la Relación Beneficio Costo:

- **Relación B/C >0**

Es un índice que indica que, por cada dólar de costos se obtiene más de un dólar de beneficio. En consecuencia, si el índice es positivo o cero, el proyecto debe aceptarse.

- **Relación B/C < 0**

Es un índice que indica que por cada dólar de costos se obtiene menos de un dólar de beneficio. Entonces, si el índice es negativo, el proyecto debe rechazarse.

El valor de la Relación Beneficio/Costo cambiará según la tasa de actualización seleccionada, o sea, que cuanto más elevada sea dicha tasa, menor será la relación en el índice resultante.

La relación beneficio/costo se calcula con la ecuación No. 2.3

$$B/C = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{V_i}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+i)^n}} \quad \text{Ec: 2.3}$$

Dónde:

**B/C** = Relación Beneficio / Costo

**V<sub>i</sub>** = Valor de la producción (beneficio bruto)

**C<sub>i</sub>** = Egresos (i = 0, 2, 3,4...n)

**i** = Tasa de descuento

### **2.2.6.- Principios de refrigeración**

La refrigeración es la rama de la ciencia que trata con los procesos de reducción y mantenimiento de la temperatura de un espacio o material a temperatura inferior con respecto de los alrededores correspondientes". (DOSSAT, 1980)

La carga térmica es la cantidad de calor que debe ser retirado del espacio por refrigerar, para reducir o mantener la temperatura deseada. Generalmente esta carga es la suma de ganancias de calor provenientes de diferentes fuentes, calor que ingresa a través de las paredes, calor que tienen los productos por refrigerar, calor del aire que llega al espacio a través de puertas que se abren y se cierran, etc. (DOSSAT, 1980 y HERNÁNDEZ, 1999).

A medida que el refrigerante circula a través del sistema pasa por un número de cambios de estado o condición, cada uno de los cuales es llamado un proceso. El refrigerante empieza en un estado o condición inicial, pasa a través de una serie de procesos en una secuencia definida y regresa a su condición inicial. A esta serie de procesos se le llama ciclo. El ciclo de refrigeración simple consta de cuatro procesos fundamentales: expansión, vaporización, compresión y condensación (DOSSAT, 1980).

Los fundamentos de un ciclo típico de refrigeración están representados esquemáticamente en el gráfico N° 2.1. El vapor pasa por el compresor (A), que lo envía a los serpentines (B), a alta temperatura y presión (condensador), donde se enfría por agua o aire, ocasionando la condensación del vapor, todavía a alta presión. El líquido pasa a través de la válvula de expansión (C), saliendo como una mezcla de líquido y vapor a temperatura más baja. En los serpentines (D), se suministra calor (evaporador), que convierte el líquido en vapor que penetra en el compresor para repetir el ciclo.

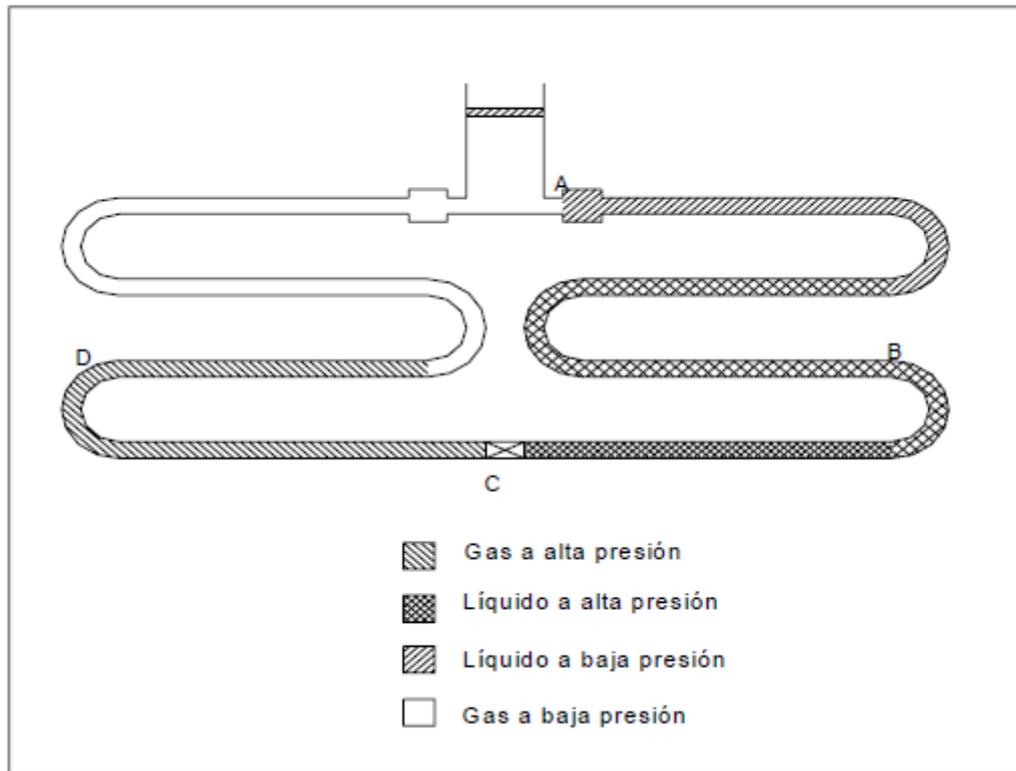


Gráfico N° 2.1: Fundamento del ciclo mecánico de refrigeración.

HERNÁNDEZ (1999), define al refrigerante como cualquier sustancia que es capaz de absorber calor de otra. Además explica que los procesos de refrigeración pueden ser sensibles o latentes. El proceso es sensible, cuando la temperatura del refrigerante varía al absorber calor, y es latente cuando la temperatura del refrigerante, al absorber calor, permanece constante y causa cambio de estado. En los dos procesos la temperatura del agente refrigerante es menor que la del espacio por refrigerar.

DOSSAT (1980), dice que las unidades condensadoras están compuestas por el compresor, el condensador, el tanque receptor y el impulsor del compresor (motor eléctrico).

El Compresor corresponde a la unidad encargada de comprimir e impulsar el vapor refrigerante proveniente del evaporador. La compresión es producida para que el vapor refrigerante pueda ser condensado a mayor temperatura. DOSSAT (1980) y RAPIN y JACQUARD (1998), concuerdan, que el compresor más

ampliamente usado es el de tipo recíproco. El compresor rotativo se utiliza en sistemas de muy baja capacidad (refrigeración doméstica), mientras que el compresor centrífugo se ocupa en instalaciones industriales que requieren gran potencia.

El condensador corresponde a una superficie de transferencia de calor. El calor del vapor refrigerante caliente pasa a través de las paredes del condensador para su condensación. Como resultado de su pérdida de calor hacia el medio condensante, el vapor refrigerante es primero enfriado hasta saturación y después condensado hasta su fase de estado líquido (DOSSAT, 1980).

El calor total rechazado en el condensador incluye tanto el calor absorbido en el evaporador como la energía equivalente del trabajo de compresión.

HERNÁNDEZ (1999), explica que existen tres tipos de condensadores: los enfriados por aire, los enfriados por agua y los evaporativos.

Los condensadores enfriados por aire, emplean el aire como medio condensante, y pueden ser de tiro natural (usados en refrigeración doméstica) y de tiro forzado (usados en refrigeración industrial, aire acondicionado, etc.), mientras que los condensadores enfriados por agua, emplean agua para condensar al refrigerante, y los condensadores evaporativos emplean tanto aire como agua, en éstos la condensación del refrigerante en el condensador se efectúa principalmente por la evaporación del agua rociada o atomizada sobre el condensador. Y la función del aire es la de aumentar la razón de evaporación sacando el vapor de agua que resulta del proceso de evaporación (DOSSAT, 1980).

Tanque receptor de líquido: Sirve de depósito del refrigerante licuado, con el fin de que éste pueda ser suministrado a los evaporadores de forma continua y en la medida que éstos lo requieran (ALARCÓN, 2000).

DOSSAT (1980), señala que un evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en el cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio o producto refrigerado. Refiere también que la diferencia de temperatura entre el espacio refrigerado y la temperatura de saturación del refrigerante correspondiente a la presión de salida del evaporador (D.T. del evaporador), tiene influencia tanto en el rendimiento del evaporador, como en la humedad relativa al interior del espacio refrigerado. Mientras menor sea la D.T. mayor humedad relativa se puede mantener en la cámara.

ALARCÓN (2000), especifica que el evaporador de aire forzado es el más ampliamente usado en instalaciones de refrigeración. A este tipo de evaporador también se la llama unidad enfriadora.

Las unidades enfriadoras son esencialmente serpentines de tubo descubierto o de tubo aletado colocado en una carcasa metálica y equipada con uno o más ventiladores para proporcionar la circulación del aire, con lo cual se aumenta la absorción de calor y se reduce la superficie que se necesitaría en un evaporador de convección natural (ALARCÓN, 2000 y DOSSAT, 1980).

La válvula para el control de flujo refrigerante Según DOSSAT (1980), tiene doble función: medir el refrigerante líquido en la tubería del líquido que va hacia el evaporador con una rapidez que sea proporcional a la cual está ocurriendo la vaporización en dicha unidad; y mantener un diferencial de presión entre los lados de alta y baja presión del sistema, a fin de permitir vaporizar el refrigerante bajo las condiciones de baja presión deseadas en el evaporador y al mismo tiempo efectuar la condensación a la presión alta que se tiene en el condensador.

Según DOSSAT (1980), existen seis tipos básicos de válvulas para el control del flujo refrigerante: la válvula de expansión manual, la válvula de expansión automática, la válvula de expansión termostática, el tubo capilar, el flotador de presión baja y la válvula de flotador de presión alta. La válvula de expansión

termostática es la más usada en para control del refrigerante, esto se debe a su alta eficiencia y adaptabilidad a cualquier tipo de aplicaciones de refrigeración.

El principio de funcionamiento de la válvula de expansión termostática es el de mantener un grado constante de sobrecalentamiento de la succión en la salida del evaporador, circunstancia que permite mantener al evaporador completamente lleno de refrigerante bajo las condiciones de carga del sistema, sin peligro de derramar líquido dentro de la tubería de succión (DOSSAT, 1980 y RAPIN y JACQUARD, 1999).

DOSSAT (1980), explica que las válvulas de expansión termostática con compensación interna, se abren o cierran según la interacción de tres fuerzas independientes: la presión en el evaporador, la presión ejercida por el resorte y la presión ejercida por la mezcla de líquido vapor en el bulbo remoto. Las válvulas termostáticas compensadas externamente se diferencian de las compensadas internamente en que la presión que actúa sobre el diafragma de la válvula es la presión de salida del evaporador, esto se logra a través de un tubo conectado a la salida del evaporador o a la tubería de succión más delante de donde está conectado el bulbo remoto.

### **2.2.7.- Mejoras en los sistemas de refrigeración**

La búsqueda de optimizar los sistemas de refrigeración ineficientes ha obligado a los Investigador, 2013es a desarrollar estrategias a través de la identificación de parámetros característicos propios de estos sistemas, lo que se ha logrado mediante simulaciones que ayudan a encontrar ese punto óptimo de operación, aplicando modelos que permitan perfeccionar los componentes también desde el punto de vista económico, de tal manera que se encuentre soluciones que ahorren costos sin modificar la calidad o condiciones de prestación de la instalación. De esta manera, se hace más eficiente el proceso de refrigeración reflejando un ahorro energético y económico.

Cheng y otros (2011), establecen que hasta ahora, el ahorro de energía en los refrigeradores puede incrementarse mediante:

- 1.- El uso de un compresor de alta eficiencia, lo cual tiene un efecto directamente en el Coeficiente de Operación (COP) del sistema de refrigeración;
- 2.- Optimizando el control del sistema adoptando sistemas avanzados de circulación de aire;
- 3.- Mejorando el aislamiento térmico aumentando el espesor del aislante o usando técnicas modernas; y
- 4.- Optimizando la transferencia de calor del evaporador y el condensador

En base a las revisiones realizadas, se puede concluir que la filosofía del modelado en los sistemas de compresión de vapor se puede resumir en el gráfico No. 2.2. El esquema representa un ciclo formado por los componentes básicos, en cada uno de los cuales se aplican distintas metodologías o formas de caracterizarlos.

Un proceso matemático de solución y una programación en un software específico, engloban la filosofía del modelado en estos sistemas, a fin de obtener una solución para los parámetros más representativos en las instalaciones de producción de frío y climatización.

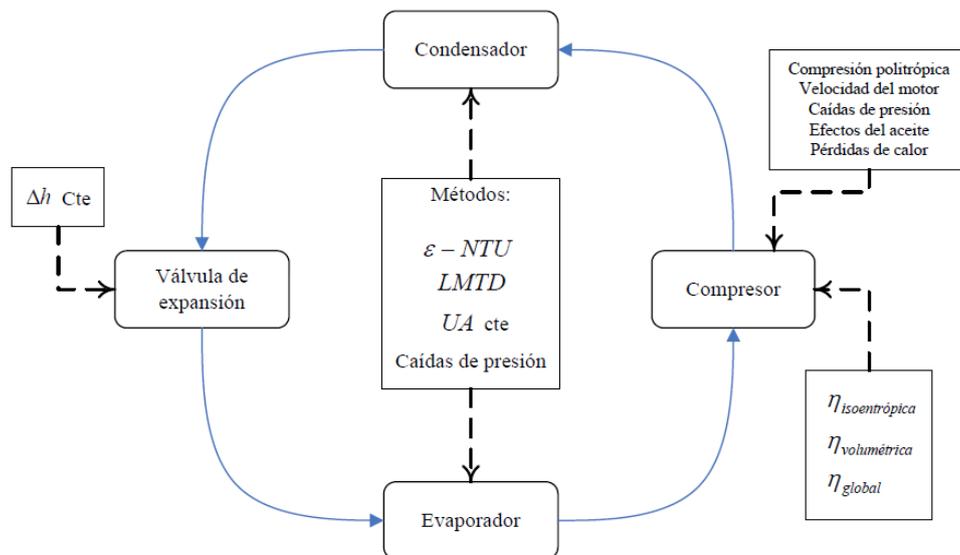


Gráfico No 2.2: Filosofía del modelado en los sistemas de compresión de vapor

Fuente: Belman Flores Juan Manuel, Tesis doctoral, Castellón España 2008

Todos los modelos físicos estacionarios se basan fundamentalmente en la modelización de los intercambiadores de calor utilizando dos métodos de análisis térmico:  $\epsilon - NTU$  y LMTD - factor de corrección. Los compresores por lo general son modelados a través del conocimiento de eficiencias isoentrópicas, volumétricas o globales y en características mecánicas. La válvula de expansión en la mayoría de los casos se estudia como un proceso de expansión isoentálpico, algunos autores la modelan a través de la constante característica  $k_v$ .

### 2.2.7.1.- Diferencia de temperatura media logarítmica (LMTD)

Cuando se requiere analizar o predecir el rendimiento de un intercambiador de calor, se deben agrupar la transferencia total de calor con las temperaturas de entrada y salida del fluido, el coeficiente global de transferencia de calor y la superficie total de transferencia. La Fig. 2.3 muestra la variación de las temperaturas caliente y fría asociadas a un intercambiador de calor de flujo paralelo.

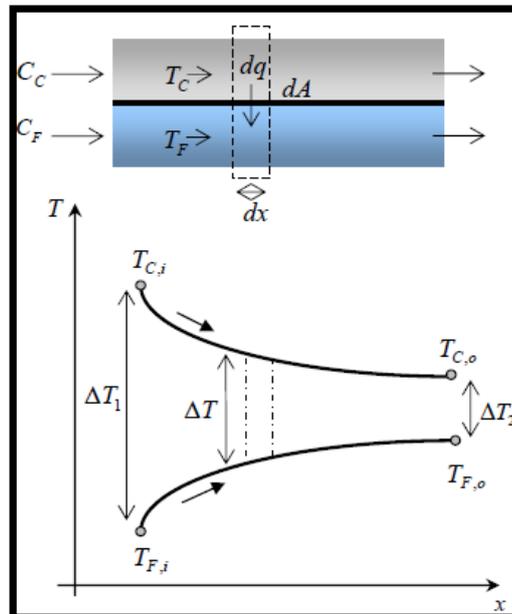


Gráfico 2.3: Variac. de temperatura a lo largo de intercambiador de flujo paralelo

Fuente: Belman Flores Juan Manuel, Tesis doctoral, Castellón España 2008

De acuerdo al Gráfico 2.3, se puede apreciar que la diferencia de temperatura  $\Delta T$ , para la diferencia de calor entre el fluido caliente y el frío varía a lo largo de todo el intercambiador, por lo que es necesario trabajar con la ecuación de flujo No. 2.4

$$Q = UA \cdot \Delta T_m \quad \text{Ec. 2.4}$$

El análisis para los intercambiadores de calor en contracorriente se aplica la misma ecuación de  $m \Delta T$ , pero únicamente observando la transferencia de calor entre las partes más calientes de los dos fluidos que se tienen en uno de los extremos, así como las partes más frías que se tiene en el otro extremo, para así poder determinar el cálculo de la variación de temperatura.

**Factor F:** El concepto de una diferencia media de temperatura apropiada entre las dos corrientes presenta ser sencilla, por tal motivo en el análisis térmico para intercambiadores de calor de pasos múltiples y de flujo cruzado, se aplica la ecuación 2.4 modificada dando lugar a la ecuación No. 2.5

$$Q = UA \cdot F \cdot \Delta T_m \quad \text{Ec 2.5}$$

Donde se incluye la variable  $F$ , que es un factor de corrección al valor de  $\Delta T_m$  que se estima bajo la suposición de condiciones de flujo contracorriente. En la literatura abierta existen tablas donde es posible encontrar el valor de este factor acorde a la configuración que se tenga del intercambiador.

El método de la diferencia de temperaturas media logarítmica es fácil de usar cuando se conocen las temperaturas de entrada y salida del fluido, o se pueden conocer a través de balances de energía.

#### **2.2.7.2.- Método de eficiencia – NTU ( $\varepsilon - NTU$ )**

La eficiencia  $\varepsilon$ , de un intercambiador compara la velocidad de transferencia real, que es la absorbida por el fluido que se calienta, con la velocidad de

transferencia térmica máxima que podría transmitirse en un intercambiador en contracorriente y de superficie infinita, como se indica en la Fig. 2.4.

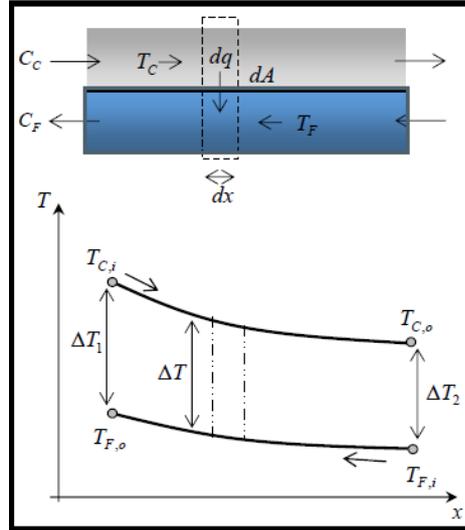


Figura 2.4: Variación de temperatura a lo largo del intercambiador en contracorriente

Fuente: Belman Flores Juan Manuel, Tesis doctoral, Castellón España 2008

La transferencia de calor máxima se puede determinar mediante la ecuación No. 2.6

$$Q_{\max} = C_{\min}(T_{C,i} - T_{F,i}) \quad \text{Ec 2.6}$$

Donde  $C_{\min}$  será igual a la capacitancia menor que se tenga de ambos fluidos.

Por lo que la eficiencia del intercambiador viene dada por la ecuación No 2.7

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max}} \quad \text{Ec 2.7}$$

Si los fluidos no experimentan un cambio de fase y se suponen calores específicos constantes, se puede encontrar la transferencia de calor  $Q$  que al sustituirla en la ecuación 2.7, se obtiene cualquiera de las siguientes ecuaciones No. 2.8 y No. 2.9:

$$\varepsilon = \frac{C_C(T_{C,i} - T_{C,o})}{C_{\min}(T_{C,i} - T_{F,i})} \quad \text{Ec 2.8}$$

$$\varepsilon = \frac{C_C(T_{F,i} - T_{F,o})}{C_{\min}(T_{C,i} - T_{F,i})} \quad \text{Ec 2.9}$$

Por otro lado, la eficiencia de cualquier intercambiador se expresa con la ecuación No. 2.10:

$$\varepsilon = f\left(NTU \cdot \frac{C_{\min}}{C_{\max}}\right) \quad \text{Ec 2.10}$$

El número de unidades de transferencia, es un parámetro adimensional y se calcula con la ecuación No. 2.11:

$$NTU = \frac{UA}{C_{\min}} \quad \text{Ec 2.11}$$

Actualmente existe una tendencia a preferir el método  $\varepsilon - NTU$  debido a, que para un intercambiador y capacidades térmicas de flujo dados, la efectividad y el número de unidades de transferencia tienen un significado físico único.

### **Mejoras en los intercambiadores**

En la bibliografía el modelado de los intercambiadores de calor se analiza según la funcionalidad de éstos, por ejemplo, en cuanto a **evaporadores**.

Lee Kwan-Soo y otros, presentan un trabajo donde se analizan diferentes tipos de superficies extendidas (aletas) para una aplicación de refrigeración doméstica. Los autores utilizan el método de análisis térmico  $\varepsilon - NTU$ , la finalidad del análisis a través de la simulación es detectar la superficie aletada que presta mejores condiciones de desempeño energético, dando como resultado las *spine finned* bajo una validación del modelo con datos experimentales.

Por otro lado, Hawlader y otros (2001), muestran el desarrollo de un modelo para un sistema de **evaporador** de doble etapa, el cual es discretizado en pequeños volúmenes de control a través del método  $\varepsilon - NTU$ ; la capacidad del modelo para predecir el funcionamiento del componente estuvo validada de manera experimental.

Las condiciones de salida del modelo son: el calor latente total y el grado de recalentamiento. La validación del modelo muestra una mejora en la recuperación de calor de hasta un **30%** en un sistema de evaporador de doble etapa sobre uno de simple etapa.

Ng K.C. y otros. (1997), estructuran un modelo termodinámico simple para el análisis y diagnóstico del funcionamiento de una enfriadora. La caracterización de la enfriadora es por ajuste de tres parámetros con un significado físico: generación de entropía interna, resistencia térmica en el intercambiador de calor y pérdidas de calor. Los autores realizan una comparación entre la parte teórica y la experimental, para establecer las condiciones de operación óptimas de la enfriadora frente a los cambios de operación. El modelo es capaz de estimar los valores de la capacidad de enfriamiento que hacen maximizar el COP.

En la bibliografía también se han encontrado trabajos relacionados a la reducción de costos por parte de material mediante una adecuada optimización, tal es el caso de Bansal y Chin (2003), modelan y validan un condensador de alambre y tubo comúnmente usado en los sistemas de refrigeración doméstica. La simulación del modelo desarrolla usando elementos finitos y una aproximación variable de la conductancia. La base del modelo son fundamentos físicos y correlaciones tradicionales para los coeficientes de transferencia de calor. La capacidad del condensador por unidad de peso, esta optimizada usando una variedad de alambres, diámetros y arreglos (distancias entre alambres), usando un factor de optimización para esta capacidad. La aplicación de este factor permite mejorar el diseño en un **3%** de ganancia en la capacidad del **condensador** y en un **6%** en reducir el peso del condensador.

En aplicaciones de optimización termoeconómica de sistemas de refrigeración, encontramos a Selbas R. y otros. (2006), que realizan un modelo basado en análisis exergético y aplicado a dos parámetros del sistema: grado de enfriamiento y recalentamiento.

Bajo este mismo contexto también se menciona a Özkaymak Mehmet (2008) manejando superficies óptimas en los intercambiadores de calor y óptimos grados de recalentamiento y subenfriamiento, obtenidos bajo distintas condiciones de operación.

Sawalha Samer (2008), realiza un estudio sobre el funcionamiento de un sistema de refrigeración con CO<sub>2</sub>, La temperatura requerida de productos a acondicionar y condiciones ambientales son datos de frontera del sistema. Los cálculos están centrados en el diseño de sistemas y optimización de su funcionamiento, los parámetros involucrados en el sistema de optimización son: tamaño de las tuberías, presión de alta para el modo transcrito, presión intermedia y una relación de circulación para el CO<sub>2</sub>. Su resultado refleja que usando un sistema de doble etapa de compresión, se obtiene un incremento de 5 al 22% en el COP.

En el trabajo denominado “Phase Change Materials for Domestic Refrigerators To Improve Food Quality and Prolong Compressor Off Time” (Tulapurkar y otros 2010), tratan sobre el diseño de un nuevo evaporador para sistemas de refrigeración doméstica, el cual provee almacenamiento térmico mediante materiales de cambio de fase. Se demostró que el uso de PCM (Phase Change Materials) ayudará a incrementar el COP de un nuevo ciclo de refrigeración añadiendo una etapa de subenfriamiento. Este incremento se puede dar en sistemas de refrigeración de un solo evaporador o en sistemas de doble evaporador (refrigerador y congelador). Se ha visto que el beneficio de usar PCM en refrigeradores de uso doméstico puede incrementar hasta un 20% el COP del sistema.

También el incremento del tiempo de apagado del compresor debido al almacenamiento de energía en los compartimentos del refrigerador, provoca una mejor preservación de los alimentos, lo cual ayuda a mejorar su desempeño. Para este caso, se puede observar en el cuadro No. 2.1, el ahorro de energía en comparación con un refrigerador normal.

Cuadro No. 2.1: Ahorro de energía (Tulapurkar y otros 2010)

<b>Ahorro de energía 10.424 %</b>			
	<i>unidades</i>	<i>Nuevo sistema</i>	<i>Sistema común</i>
<i>Encendido</i>	<i>min</i>	<i>37.5</i>	<i>40.9</i>
<i>Apagado</i>	<i>min</i>	<i>40.5</i>	<i>30.2</i>
<i>Energía en 24 hr.</i>	<i>kWh</i>	<i>1.183</i>	<i>1.321</i>
<i>COP</i>	<i>S/U</i>	<i>1.76</i>	<i>1.49</i>
<i>Ciclos en 24 hr.</i>	<i>S/U</i>	<i>18.45</i>	<i>20.25</i>
<i>% encendido</i>	<i>%</i>	<i>48.08</i>	<i>57.52</i>

Fuente: Memorias del XVIII congreso internacional anual de la SOMIM, México 2012

El diseño de este sistema de refrigeración consistió en modificar los evaporadores del congelador y del compartimento de comida fresca, añadiéndoles una porción de intercambiador de calor de PCM, y modificando el ventilador y los ductos de aire. Se agregó un intercambiador de calor de PCM adicional afuera de las dos cámaras para liberar y almacenar energía durante los procesos de carga y descarga. Cabe señalar que se denomina carga al proceso de solidificación del PCM y descarga al proceso de fusión del mismo.

Farid y otros (2004) presentan el trabajo denominado “Improving the energy efficiency of a vapor compression system using a phase change material” en el cual indica que, cuando la transferencia de calor entre el evaporador y la zona refrigerada es baja, (por ejemplo mediante convección natural) y el sistema por compresión de vapor es controlado mediante on/off se puede agregar una placa de PCM al evaporador de refrigeración. Aunque la conductividad térmica de los materiales de cambio de fase no es alta por lo general, es suficiente para mejorar las condiciones de transferencia de calor de un evaporador con aire como fluido externo y convección natural como mecanismo de transferencia de calor (Farid y otros 2004).

En este caso, se demostró que el colocar una placa de PCM de unos cuantos centímetros de espesor sobre uno de los lados del evaporador permite:

- 10 horas o más de operación sin suministro eléctrico.
- Incrementar la eficiencia energética debido al aumento de la transferencia de calor en el evaporador.

En este estudio se comparó el efecto que tuvieron 10 litros de PCM sobre la eficiencia energética en un refrigerador (sin congelador), respecto a uno sin PCM; el PCM que se utilizó fue una solución de sal eutéctica. En primer lugar se realizaron pruebas en el refrigerador sin PCM y resultó que la máxima capacidad de enfriamiento (calor intercambiado en el evaporador) fue de 75 W para una temperatura ambiente de 20°C y una temperatura interior de 4°C, con un COP de **1.09** (Farid y otros 2004).

Cuadro No. 2.2: Comparación desempeño refrigerador con y sin PCM

<i>Valor promedio</i>	<i>Temperatura Interior [°C]</i>	<i>Temperatura del evaporador [°C]</i>	<i>Capacidad de enfriamiento [W]</i>	<i>COP</i>
<i>Con PCM</i>	<i>3.26</i>	<i>-7</i>	<i>140</i>	<i>1.9</i>
<i>Sin PCM</i>	<i>3.9</i>	<i>-19</i>	<i>75</i>	<i>1.09</i>

Fuente: Memorias del XVIII congreso internacional anual de la SOMIM, México 2012

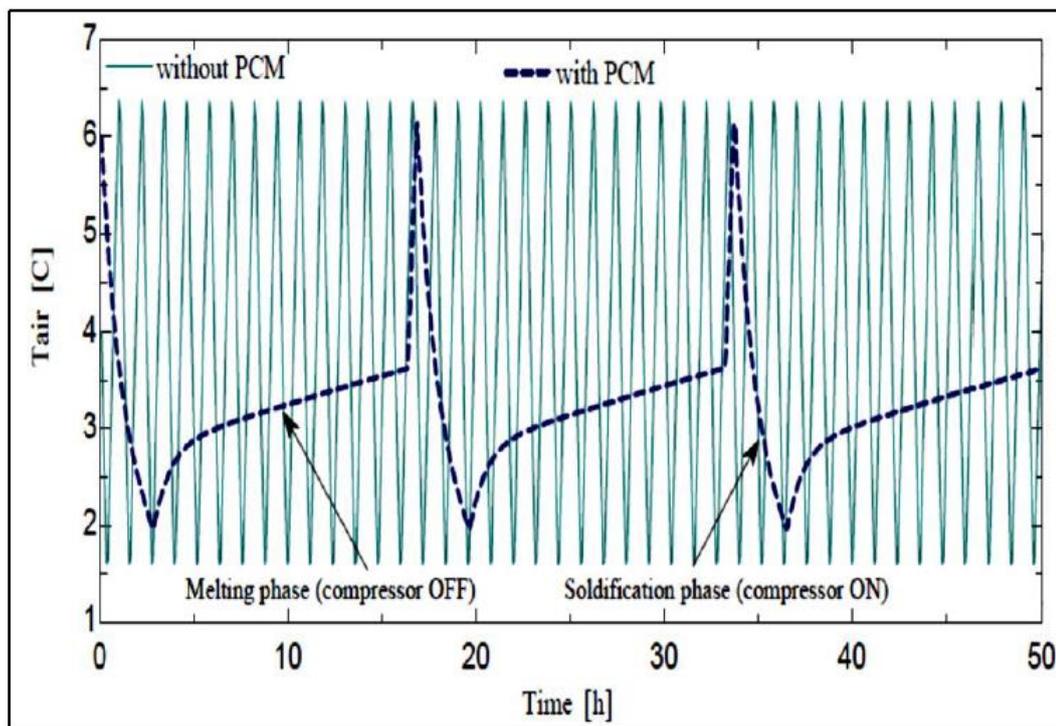


Gráfico 2.5: Temperatura interna del refrigerador con y sin PCM  
 Fuente: Memorias del XVIII congreso internacional anual de la SOMIM, México 2012

Los resultados fueron que la capacidad de enfriamiento y la temperatura de evaporación se modificaron: el intercambio de calor en el evaporador aumentó un **86%** y la temperatura de evaporación aumentó de **-19°C a -7°C**, lo cual se vio reflejado en una reducción de la relación de compresión y por lo tanto en un menor consumo energético por parte del compresor. La presencia del PCM influyó durante el periodo de operación del compresor, el cual incrementó, pero el tiempo de funcionamiento total disminuyó debido a la autonomía a la red eléctrica por parte del refrigerador, puesto que la capacidad de enfriamiento es asegurada por la fusión del PCM. En el cuadro No. 2.2, se observa el desempeño del refrigerador con y sin PCM. En el gráfico No. 2.5 se puede apreciar cómo el uso del PCM disminuye de manera severa la fluctuación de la temperatura interna del refrigerador.

Al final se observó que el COP aumentó **74 %** (de 1.09 a 1.9) gracias al uso del PCM, lo cual está directamente relacionado al hecho de que mejoró la transferencia de calor en el evaporador y el tiempo de funcionamiento del compresor disminuyó.

## Compresores.

El compresor es el elemento que consume mayor cantidad de energía dentro del refrigerador, los avances en la eficiencia global del compresor tienen un efecto significativo sobre la eficiencia global del refrigerador.

Roelof Timmer y otros (2007), indican que para diseñar motores de alta eficiencia es preciso reducir estas pérdidas.

Las pérdidas de los motores se pueden clasificar en cinco categorías principales. Dos de éstas; las pérdidas en el hierro del núcleo y las pérdidas por resistencia aerodinámica y fricción, se clasifican como pérdidas no relacionadas con la carga, ya que permanecen constantes con independencia de la misma.

Las pérdidas relacionadas con la carga, es decir, que varían con ella, son las pérdidas en el cobre del estator, las pérdidas en el rotor y las pérdidas de carga por dispersión, las que se muestran en el cuadro No. 2.3

Cuadro No. 2.3: Distribución de pérdidas en un motor ABB M3BP

Pérdidas no debidas a la carga	Pérdidas en el hierro del núcleo	18%
	Pérdidas de resistencia aerodinámica y fricción	10%
Pérdidas debidas a la carga	Pérdidas en el cobre del estátor	34%
	Pérdidas en el rotor	24%
	Pérdidas de carga por dispersión	14%

Fuente: Eficiencia de motores, Revista Técnica ABB, 2007

Las pérdidas en el hierro del núcleo se deben a la energía requerida para vencer la oposición del material del núcleo a la variación de los campos magnéticos. Los

diseñadores pueden reducir estas pérdidas usando acero de mejor calidad y aumentando la longitud del núcleo, lo que reduce la densidad de flujo magnético.

Las pérdidas por resistencia aerodinámica y por fricción son causadas por la resistencia del aire y por el rozamiento de los cojinetes. En los motores de alta calidad, estas pérdidas se reducen seleccionando mejor los cojinetes y juntas y mejorando el diseño del flujo de aire y del ventilador. Éste ha de ser suficientemente grande para proporcionar una adecuada refrigeración, pero no demasiado grande, ya que se reduciría la eficiencia y aumentaría el ruido.

De las pérdidas que varían con la carga, las pérdidas en el cobre del estator (conocidas como pérdidas  $I^2R$ ) son causadas por el calentamiento provocado por la circulación de corriente a través de la resistencia del devanado del estator. Entre las técnicas empleadas para reducir estas pérdidas está la optimización del diseño de las ranuras del estator. Las laminaciones del estator deben ser de acero de baja pérdida, lo más uniformes y delgadas posibles, para maximizar la intensidad de los campos magnéticos. Deben estar alineadas cuidadosamente para garantizar que los canales sean rectos. Naturalmente, cuanto más delgadas sean las laminaciones, tanto más caras serán de producir; además, una gran precisión de alineamiento exige técnicas de producción más especializadas.

Las pérdidas en el rotor están causadas por las corrientes en el mismo y por las pérdidas en el hierro. En los motores de alta eficiencia, estas pérdidas se reducen aumentando el tamaño de las barras conductoras y los anillos terminales para reducir la resistencia. Las pérdidas de carga por dispersión resultan del flujo de fugas inducidas por las corrientes de carga y se pueden reducir mejorando la forma geométrica de las ranuras.

Las mejoras energéticas que se pueden llevar a cabo para reducir estas pérdidas son:

Pérdidas por efecto Joule en el estator:

- Aumentar la cantidad de cobre.
- Mayor tamaño de ranura.
- Disminuir la Cabeza de bobina.

Pérdidas magnéticas:

- Mejorar la calidad de la chapa.
- Disminuir el grosor de las chapas.
- Mejorar los procesos de fabricación.
- Aumento del entrehierro.
- Mejorar el factor de bobinado.

Pérdidas por efecto Joule en el rotor:

- Aumentar la inducción en el entrehierro.
- Aumentar el tamaño de las barras.
- Aumentar la conductividad de las barras.

Pérdidas por ventilación:

- Ventiladores más eficientes.

Pérdidas por rozamiento:

- Rozamientos de bajo nivel de pérdidas.

Pérdidas adicionales:

- Corrientes transversales.
- Corrientes circulares estator.
- Pérdidas armónicas en el rotor en carga.

La fábrica de compresores Embraco ha implementado innovaciones tecnológicas que representan el 45 % del consumo energético frente a los compresores convencionales. Estas innovaciones son: aplicación en los compresores de mayor eficiencia de un controlador electrónico TSD (Time

Starting Device) utilizado para el encendido de los compresores con el beneficio de eliminar el consumo residual existente en los arranques tradicionales, implementación de una solución autoajutable (drop in), que consiste en la compensación inmediata y proporcional de acuerdo con las cargas internas del sistema, desarrollo de termostatos electrónicos, reducción del consumo de energía durante el periodo de parada del compresor.

La empresa TECUMSEH desarrolló un compresor de velocidad variable, el cual cuenta con un controlador electrónico que permite la variación de la capacidad de giro, en consonancia con las necesidades del sistema. Ese nuevo componente electrónico, que se gestiona por medio de un software interno, también trajo nuevas funciones al equipamiento. En las gráficos 2.6, 2.7 y 2.8 respectivamente, se muestran la capacidad frigorífica, consumo de potencia y la eficiencia respecto a las revoluciones por minuto de giro de este nuevo compresor.

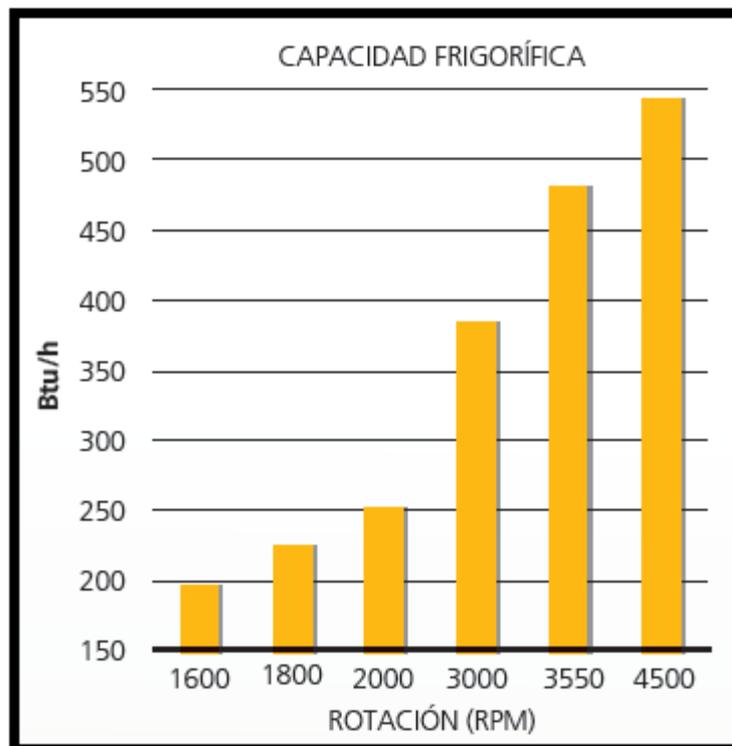


Gráfico 2.6: Rotación del compresor versus capacidad frigorífica  
Fuente: TECUMSEH, Brazil 2012

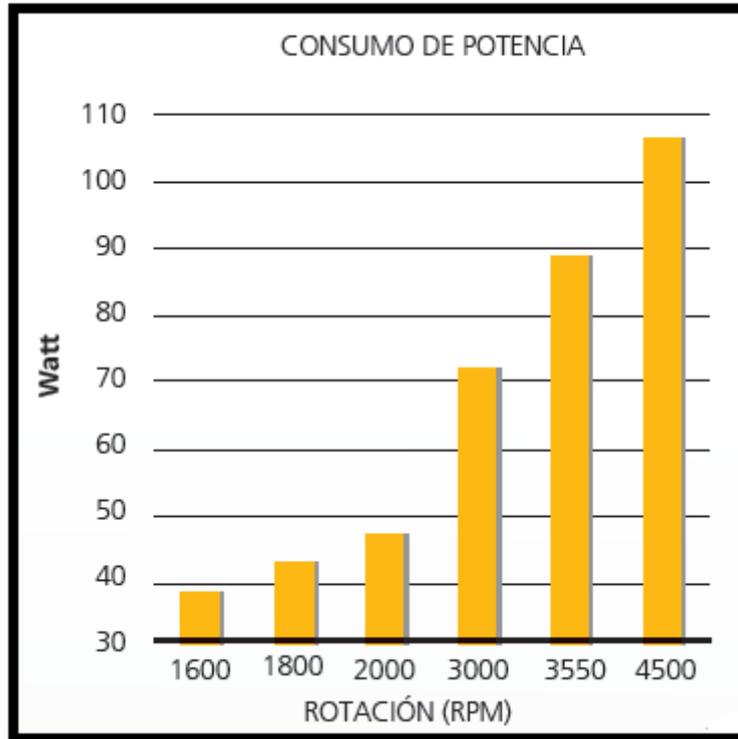


Gráfico 2.7: Rotación del compresor versus consumo de potencia  
Fuente: TECUMSEH, Brasil 2012

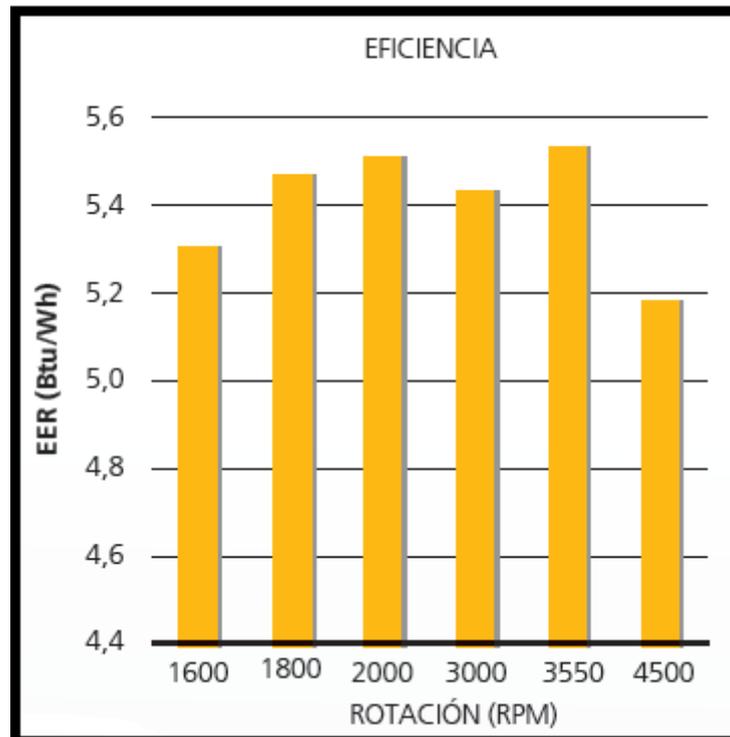


Gráfico 2.8: Rotación del compresor versus eficiencia  
Fuente: TECUMSEH, Brasil 2012

El gráfico 2.9 muestra las curvas de rendimiento de un motor convencional y un motor de alta eficiencia

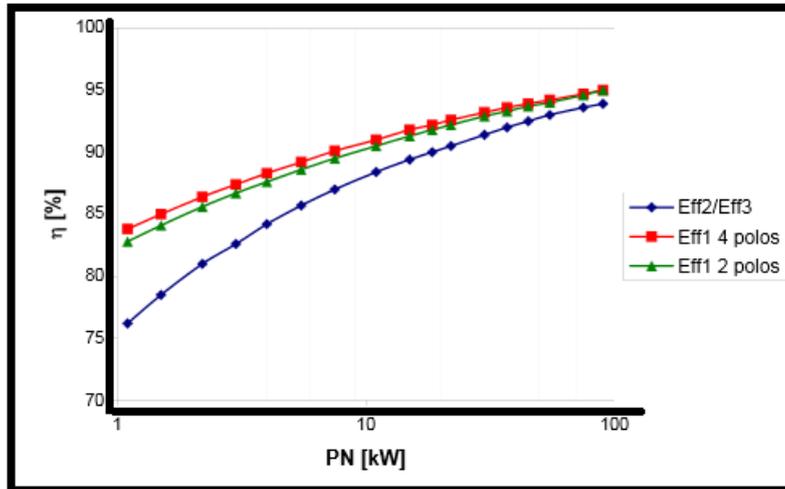


Gráfico 2.9: Potencia asignada en función del rendimiento  
Fuente: <http://www.motors-electrics.com>

## Ventiladores

Los ventiladores se pueden hacer más eficientes poniéndoles motores de alta eficiencia, mejorando los controladores y diseños. El reemplazar los ventiladores del evaporador y condensador con ventiladores con motor de alta eficiencia traería consigo un consumo de solo **4.5 W** de potencia, lo que significa una mejora importante que podría ser aprovechada. Por otra parte, estos nuevos motores son costosos para la mayoría de los modelos actuales.

## Inclinación del condensador

En el trabajo “Incremento de eficiencia de los refrigeradores domésticos mediante mejoras en la transferencia de calor en el condensador”, presentado en la Universidad Cienfuegos de Cuba, se muestran los resultados de una investigación experimental desarrollada en un laboratorio especializado y dos evaluaciones de campo, acerca de la influencia del ángulo de inclinación de los

condensadores de refrigeradores domésticos sobre el consumo de energía, demostrándose un predominio significativo de este factor.

Se determina el ángulo de inclinación óptimo, con el cual se logra reducir en más de 10 % el consumo de energía en los refrigeradores estudiados, con un costo prácticamente despreciable.

Para la generalización de los resultados del estudio, éste propone inclinar el condensador 4 grados, para lo cual se puede, como regla práctica, medir la distancia entre los centros de los apoyos del condensador, dividirla por 14, y ésta será la longitud a aumentar en el soporte superior del condensador.

### **Sellos de puertas.**

La ganancia de calor alrededor de las orillas de la puerta y a través de los sellos es parte importante de la carga de refrigeración. La geometría y los materiales que sellan mejor han mejorado el valor del aislamiento, estos últimos están investigándose por algunos fabricantes, otra razón para esto es que un funcionamiento deficiente del sello provoca condensación entre éste y la pared provocando fugas de aire, mayor infiltración, congelamiento interior e incremento de energía por la necesidad de deshielo.

### **2.2.8.- Cambio de refrigerante R 12 por R 134a.**

Debido a la contaminación ambiental además de las condiciones exigidas inicialmente ahora se suman las propiedades “ecológicas”, o sea, inerte a la capa de ozono y con poco o nula influencia sobre el efecto invernadero, estas características de los dos refrigerantes se muestra en el cuadro No. 2.4

**O.D.P.:** Ozone Depleting Potential (potencial de destrucción del ozono).

**H.G.W.P.:** Global Warming Potential (potencial de recalentamiento global de la atmósfera).

Cuadro No. 2.4: Características de los refrigerantes R12 y R134 a

Característica	R12	R134a
Denominación Química	Diclorofluorometano	Tetrafluoroetano
Fórmula	$\text{CCl}_2\text{F}_2$	$\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$
Punto de ebullición	-29.8 °C	-26.3 °C
Calor de vaporización	36.43 kcal/kg.	47.19 kcal/kg.
O.D.P	1	0
H.G.W.P.	3	1
Presiones del fluido a 0°C/80 °C	3.089/23.191 bar	2.928/26.324 bar
Solubilidad del agua en el fluido	0.009 % en masa	0.019 % en masa
Tiempo de permanencia en la atmósfera	120 años	15.5 años

Fuente: acondicionamiento de aire, principios y sistemas; Pita, edward; cecsa; 1994

### 2.2.9 Análisis de la presión Versus la temperatura de Saturación

Debido a sus características ecológicas, es decir a la ausencia de cloro (agente destructor del ozono) y al hecho de que presenta propiedades físicas y termodinámicas relativamente semejantes a las del refrigerante R12, el R134a es una de las opciones actuales para sustituir al R12. En el gráfico 2.10 se presenta las curvas de comportamiento de los refrigerantes R12 y R134a de la presión versus la temperatura de saturación

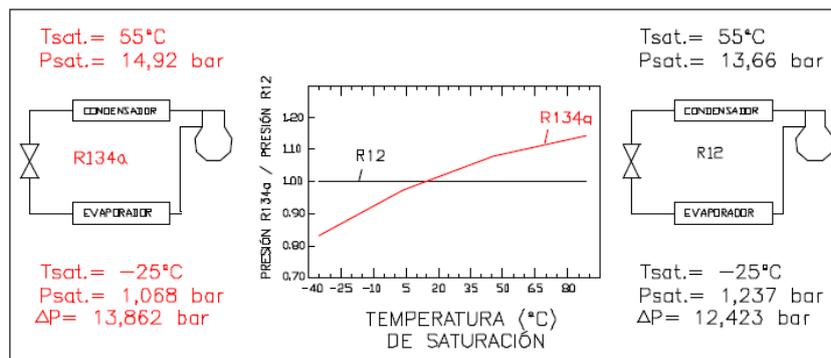


Gráfico No. 2.10 Presión Vs temperatura de Saturación

Fuente: EMBRACO, Informativo Técnico, 2009, Rev. 03

Del gráfico No. 2.10, se desprende lo siguiente:

- Para temperaturas de saturación menores de 20°C, la presión de saturación del R134a es menor que la del R12.

- Para temperaturas de saturación mayores de 20°C, La presión de saturación del R134a es mayor que la del R12.
- Sistemas con R134a funcionan con mayor diferencial de presión entre el lado de alta (condensador) y el de baja (evaporador).

La diferencia de entalpía del R 134a es significativamente mayor que la del R12. Así, un menor flujo de masa de R 134a es necesario para obtener una determinada capacidad de refrigeración.

### 2.2.10. Capacidad de Refrigeración

La capacidad de refrigeración de un compresor está, dependiendo de la temperatura de evaporación fuertemente influenciada por la sustitución del R12 por el R134a. Tal influencia puede ser verificada, a través del efecto refrigerante volumétrico (razón entre la diferencia de entalpía específica en el evaporador y el volumen específico del refrigerante en la succión del compresor). Cuanto mayor es el efecto refrigerante volumétrico mayor, será la capacidad de refrigeración de un compresor con desplazamiento fijo.

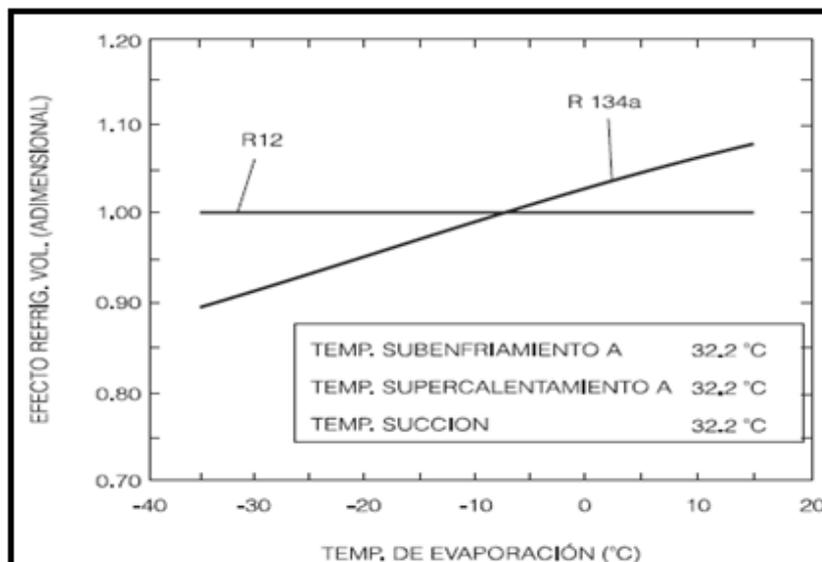


Gráfico N° 2.11, Efecto Refrig. Volumétrico Versus Temperatura de Evap.  
Fuente: EMBRACO, Informativo Técnico, 2009, Rev. 03

De las curvas que se observan en el gráfico No. 2.11 se desprende lo siguiente:

- En aplicaciones (Baja presión) LBP ( $<-7^{\circ}\text{C}$ ), el efecto refrigerante volumétrico del R134a es menor que el R12, considerando compresor con el mismo desplazamiento.
- En aplicaciones (Alta presión) HBP ( $>-7^{\circ}\text{C}$ ), el efecto refrigerante volumétrico del R134a es mayor que el R12, considerando un compresor con el mismo desplazamiento.

### **2.2.11.- Modificaciones en los Sistemas para uso del R134a**

#### **Tubería**

- Acero, cobre y aluminio son totalmente compatibles con el R134a y con el aceite éster.
- Caucho natural, butyl y vitons, forman ampollas y se hinchan en presencia del R134a, no siendo por lo tanto recomendados.
- El nylon y el neopreno, son compatibles con el uso de R134a.

#### **Intercambiador de calor**

- Usualmente se puede utilizar el mismo componente proyectado para R12.
- Los componentes del sistema deben estar libres de productos incompatibles con el R134a (silicona, parafina, otras grasas y ceras).

#### **Tubo Capilar**

- Necesidad Teórica de reducir el caudal en 10 – 15% para mantener la misma eficiencia del sistema.

### **Filtro secador**

- Los secantes comúnmente utilizados en filtros secadores en sistemas para R 12, No son compatibles con el R 134a. Secantes similares al XH7 o´ XH9 (3A) son los recomendados. La cantidad necesaria en los filtros secadores para R 134a es de cerca del 20 % mayor.

### **Carga de gas refrigerante**

En sistemas de refrigeración que no sufran alteraciones en sus componentes, la carga de R134a podrá ser de 5 – 10% menor. (Informativo técnico EMBRACO 2009 Rev. 03)

#### **2.2.12.- Control de sistemas**

Actualmente la tendencia en comparaciones sobre métodos de control en condiciones parciales o a carga máxima, muestran que la variación de velocidad es una de las técnicas más eficientes, Qureshi y Tassou (1996), realizan una revisión de la aplicación de un control en la velocidad variable a sistemas de refrigeración, obteniendo como resultado que la tecnología del inversor de velocidad variable del compresor, ofrece un importante potencial de ahorro energético.

Aprea C. y otros. (2004), determina un controlador difuso capaz de regular la velocidad del compresor afectando al consumo eléctrico. El algoritmo del control difuso está acoplado para la comparación de dos parámetros: la temperatura del aire en el espacio refrigerado y la temperatura de consigna. El resultado indica un ahorro energético significativo del **13%** usando el algoritmo de velocidad del compresor, basado sobre la lógica difusa en comparación con el control termostático.

### 2.3.- Marco Legal Vigente

La Constitución Política de la República del Ecuador establece en lo referente a eficiencia energética establece:

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el **uso de tecnologías ambientalmente limpias** y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto...

Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de **administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos**, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y **eficiencia**. Se consideran sectores estratégicos **la energía en todas sus formas...**

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, **energía eléctrica**, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias y los demás que determine la ley.

Art. 413.- El Estado promoverá **la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables**, diversificadas de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

**El Plan Nacional del Buen Vivir establece**

#### **Política 4.3**

“Diversificar la matriz energética nacional, promoviendo la eficiencia y una mayor participación de Energías Renovables Sostenibles”

## **Lineamiento**

“Diversificar y utilizar tecnologías ambientalmente limpias y energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto en la producción agropecuaria e industrial de servicios”

### **2.4.- Definición de términos**

**Acopio:** Acción tendiente a reunir productos desechados o descartados por el consumidor al final de su vida útil y que están sujetos a planes de gestión de devolución de productos posconsumo, en un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura y ambientalmente adecuada, a fin de facilitar su recolección y posterior manejo integral. El lugar donde se desarrolla esta actividad se denominará centro de acopio.

**Almacenamiento:** Es el depósito temporal de residuos peligrosos o de aparatos eléctricos y electrónicos en un espacio físico definido y por un tiempo determinado con carácter previo a su aprovechamiento y/o valorización, tratamiento y/o disposición final.

**Aprovechamiento:** Es el proceso mediante el cual, a través de un manejo integral de los residuos, los materiales recuperados se reincorporan al ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio de la reutilización, el reciclaje, la regeneración, la incineración con fines de generación de energía, el compostaje o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales, sociales y/o económicos.

**Desensamble o despiece:** Se refiere al proceso de separar los principales componentes o partes de componentes que conforman los residuos de aparatos eléctricos o electrónicos (desensamble parcial), o el desensamble de los mismos en todos sus componentes y materiales (desensamble completo).

**Disposición final de residuos ordinarios:** Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos, en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados, para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al medio ambiente.

**Disposición final de residuos peligrosos:** Es el proceso de aislar y confinar los residuos o desechos peligrosos, en especial los no aprovechables, en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

**Gestor de RAEE (Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos):** Persona natural o jurídica, pública o privada, que realiza cualquiera de las operaciones que componen la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y/o electrónicos (transporte, recolección, almacenamiento, desensamble, aprovechamiento o disposición final).

**Manejo de chatarra:**

Es el conjunto de actividades que se realizan desde la generación hasta la eliminación del residuo o desecho. Comprende las actividades de separación en la fuente, recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y/o la eliminación de los residuos o desechos.

**Operador logístico:**

Es aquella persona natural o jurídica legalmente constituida, que se encargará de la movilización de refrigeradores de un lugar a otro en vehículos automotores apropiados en condiciones de libertad de acceso, calidad y seguridad.

**Reciclaje:** Es el proceso mediante el cual se aprovechan y transforman los residuos sólidos recuperados y se devuelve a los materiales su potencialidad de reincorporación como materia prima para la fabricación de nuevos productos. El reciclaje puede constar de varias etapas: procesos de tecnologías limpias, reconversión industrial, separación, recolección selectiva, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

**Reciclaje del gas refrigerante:** Significa reutilizar un refrigerante recuperado que se ha limpiado por medio de la aplicación de diversos métodos de separación, relativamente simples.

**Recuperación del gas refrigerante:** Significa aislar o remover la sustancia, independientemente de su condición, de una instalación, aparato, equipo o producto, colocándola en un recipiente externo.

**Regeneración del gas refrigerante:** Significa reprocessar los refrigerantes recuperados para satisfacer especificaciones de producto internacionalmente reconocidas, según las pruebas de análisis químico. La regeneración va más allá del proceso de limpieza que se usa cuando se desea reciclar un refrigerante recuperado y elimina prácticamente todos los contaminantes tales como agua, cloro, acidez, desechos de alto punto de ebullición, partículas y sólidos, partículas no condensables y otras impurezas.

**Tratamiento:** Es el conjunto de operaciones que modifican las características de los residuos teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de los mismos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente.

**Vida útil:** La vida útil es la duración estimada que un equipo puede tener cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido fabricado

## **CAPITULO III METODOLOGIA**

### **3.1.- Diseño de la investigación**

En este capítulo se define la metodología de la investigación, su enfoque metodológico la modalidad y el tipo de investigación, el nivel y las técnicas e instrumentos que se utiliza. También se define la población a ser estudiada y se define la muestra en donde se aplicará el instrumento diseñado para la obtención de la información.

#### **3.1.1.- Modalidad de la Investigación**

Se trata de una modalidad de investigación de campo, tomando como escenario los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga, donde se ha observado la existencia de refrigeradores domésticos.

##### **3.1.1.1.- De campo**

La modalidad de la investigación es de campo, ya que se estudiará sistemáticamente el problema del uso de refrigeradores ineficientes y el consumo de energía eléctrica en los hogares de los clientes residenciales ubicados en el perímetro urbano del cantón Latacunga cuyo propósito es determinar las causas y efectos del mismo, de tal manera que se pudo llegar a plantear una alternativa de solución concreta. Para ello fue necesaria una interacción directa con la población que habita en el sector.

Para esta investigación se recogieron datos directos de los clientes a través de la observación, la encuesta y la medición, para complementar se acudió a fuentes secundarias, como textos, libros y documentos relacionados. Toda la información recolectada fue analizada para establecer las conclusiones pertinentes

Este análisis comprometió el procesamiento de cada una de las doce preguntas planteadas al cliente directamente en el cuestionario de tal manera que se pudo determinar: hábitos de consumo, electrodomésticos que prevalecen en los hogares número de personas que conforman un hogar en Latacunga, tipos de refrigeradores que poseen, uso de sus refrigeradores, si han efectuado algún tipo de mantenimiento a dichos electrodomésticos. Paralelamente a las encuestas utilizando los analizadores de carga se midió los consumos reales a nivel del metro contador y a la entrada del refrigerador con lo que se determinó los consumos reales de cada tipo de refrigerador. Del catastro de la empresa se determinó el número de usuarios con categoría residencial y se extrajeron los consumos de cada uno de estos para comparar con las mediciones realizadas en la muestra y de esta manera se determinó la energía consumida por este importante bloque de clientes de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi.

### **3.1.1.2.- Bibliográfica - Documental**

El presente trabajo se fundamentó en el estudio bibliográfico y documental del tema, se han revisado varios trabajos relacionados a las mejoras de los componentes. Se visitaron los sitios web de los fabricantes de compresores, refrigerantes, partes y piezas, así como de las ensambladoras de refrigeradores, con el fin de verificar las especificaciones técnicas, conocer los criterios de construcción y sacar conclusiones propias.

### **3.1.2.- Tipos de Investigación**

#### **3.1.2.1.- Descriptiva**

Se realizó una investigación tipo descriptiva debido a que se recolectó la información relacionada con la eficiencia energética, mejoras realizadas en los diferentes componentes de un refrigerador doméstico, demostrando que existen electrodomésticos con más de diez años de vida útil que consumen energía eléctrica en exceso.

### 3.1.2.2.- Exposfacto:

Se requirió este tipo de investigación por cuanto partiendo de una situación problema el cual, es el consumo excesivo de energía eléctrica debido a la obsolescencia de los artefactos, permitió plantear la alternativa de cambio por refrigeradores eficientes energéticamente.

### 3.2.- Operacionalización de variables

Cuadro No. 3.1 Variable Independiente: Efic. Energética refrig. Obsoletos

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Eficiencia energética de refrigeradores obsoletos					
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Deterioro del índice de consumo de energía eléctrica, por la longevidad de trabajo de los refrigeradores y su influencia tecnológica	cantidad	Refrigeradores a cambiar	-U-	Encuesta	Cuestionario
		etiquetas de eficiencia	kWh	Medición	Analizador de redes
		numero de puertas	-U-	Observación	Ficha técnica
	tipo	Area de transferencia de calor	m2	cálculos	Ecuaciones
		curva de carga	kWh	Medición	Analizador de redes
		consumo de potencia y energía	kW kWh	Medición	Analizador de redes
		Eficiencia	%	cálculos	Ecuaciones
	edad	periodo de mantenimiento	meses	observación	Ficha técnica
		tiempo de uso	años	Encuesta	Cuestionario

Elaborado: Investigador, 2013

Cuadro No. 3.2: Variable dependiente: Reducción de la demanda eléctrica

<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Reducción de la demanda eléctrica					
Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Es una práctica empleada durante el consumo de energía que tiene como objetivo disminuir el consumo de energía, pero con el mismo resultado final	perdidas de energía	energía eléctrica	kWh	Medición	Analizador de redes
	eficiencia energética	rendimiento	%	Medición	Analizador de redes
	prefactibilidad	periodo de mantenimiento	meses	observación	Ficha técnica

Elaborado: Investigador, 2013

### **3.3.- Procedimiento de la Investigación**

- 1.- Estructuración del cuestionario con preguntas acordes al tema investigado
- 2.- Definición al azar de los clientes a quienes se iba aplicar la encuesta y la medición; y aplicación de la misma.
- 3.- Revisión crítica de la información recogida y depuración.
- 4.- Repetición y/o verificación de la información, en ciertos casos individuales, para corregir fallas de respuesta y/o medición.
- 5.- Procesamiento de la información de la encuesta utilizando hojas electrónicas en Excel.
- 6.- Determinación de las curvas de carga típicas y demanda máxima de los diferentes tipos de refrigerador utilizando la información de las mediciones
- 6.- Manejo de información del catastro de la ELEPCO S.A., verificación de consumos, determinación de clientes con consumos cero (reajuste de consumos).
- 7.- Análisis estadístico de los datos de consumo de los clientes residenciales con un periodo de seis meses atrás.
- 8.- Determinación del consumo eléctrico por cada estrato establecido, mediante el cruce de información entre los valores medidos y los valores determinados de acuerdo a los datos estadísticos depurados.
- 9.- Determinación del impacto del consumo energético de un refrigerador frente al consumo global de un hogar.
- 10.- Determinación del consumo real de un refrigerador con más de diez años de funcionamiento de una y dos puertas.

11.- Determinación del consumo real de un refrigerador eficiente de una y dos puertas.

12.- Valoración del ahorro energético por el cambio de refrigerador

13.- Valoración del ahorro económico

14.- Valoración de la disminución del impacto ambiental

15.- Propuesta de un plan operativo de gestión energética

16.- Valoración económica de la propuesta

### **3.4. Población y muestra**

Se tiene como población de estudio a todos los clientes residenciales ubicados en el área urbana del cantón Latacunga perteneciente a la provincia de Cotopaxi el cual está determinado de la siguiente manera:

Estructura de la muestra: Catastro de la Empresa.

Unidad muestral: Consumidor residencial de la ciudad de Latacunga.

Método muestral: Probabilístico estratificado

La población definida para este trabajo se muestra en el cuadro No. 3.3, compuesto por personal del área de Planificación de la ELEPCO S.A. que tiene relación directa con los estudios y planeación del sistema eléctrico en Cotopaxi y de la ciudad de Latacunga en particular donde se aplicará la investigación, mientras que en el gráfico 3.1., se muestra la localización de la zona de estudio.

Cuadro No. 3.3: Población

<b>POBLACION</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
Clientes residenciales de Latacunga	13.744	100
<b>TOTAL</b>	<b>13.754</b>	<b>100</b>

Fuente: ELEPCO S.A.



Gráfico 3.1: Localización de la zona de estudio.  
Fuente: GAD Municipal Latacunga

### 3.4.1 Fundamentación de la elección

El método muestral probabilístico estratificado es un proceso en el cual se conoce la probabilidad que tiene cada elemento de integrar la muestra y al ser estratificado en este tipo de muestreo se divide la población o universo en grupos relativamente homogéneos, llamados estratos y después se toma una muestra al azar de cada estrato y la muestra resultante se llama muestra estratificada. Lo importante de este método implica la identificación de características que dan lugar a la conformación de subgrupos homogéneos al interior pero heterogéneos entre sí. Los elementos de cada estrato se seleccionarán al azar.

En el caso de estudio se tienen definidos como usuarios residenciales a trece mil setecientos cuarenta y cinco usuarios, los cuales presentaron diferentes consumos mensuales lo que dificultó la definición de la muestra; ante lo cual se

dividió a los mismos por categorías de consumo estableciendo rangos. De esta manera se pudo determinar la muestra que se requería por cada rango de consumo, la que al final representa al universo estudiado.

En virtud de que la población supera los de 200 elementos se sacó una muestra que represente a los 13.744 clientes residenciales determinados en la ciudad de Latacunga, utilizando la ecuación No. 3.1. Wikipedia (2013)

$$n = \frac{N * Z_{\alpha/2}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha/2}^2 * p * q} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

N = Total de la población

$Z_{\alpha/2} = 1.96$   
(Si la seguridad es del 95 %)

p = Proporción esperada (en este caso 50 % = 0.5)

q = 1-p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

d = Precisión (en el presente caso se desea un 5 %) o error de muestreo

Aplicando la ecuación anterior se determina que la muestra corresponde a 374 elementos.

Con estos datos determinados se calcula la estratificación de la muestra que representa a dicha población la cual se presenta en el cuadro No. 3.4

Cuadro No. 3.4 Tamaño de la muestra

<b>Rango de consumo (kW-h/mes)</b>	<b>Clientes por rango</b>	<b>Tamaño de la muestra</b>
1-50	474	13.00
51-100	4,676	127.00
101-150	5,629	153.00
151-200	2,180	59.00
201-250	556	15.00
251-300	153	4.00
301-350	42	1.00
351-400	17	1.00
> 400	17	1.00
	<b>13,744</b>	<b>374.00</b>

Fuente: Frecuencia de consumo ELEPCO S.A.

### 3.4 Métodos y técnicas a ser empleadas

Dada la naturaleza del estudio y en función de los datos que se requirieron, las técnicas e instrumentos de recolección estuvieron enmarcados por:

#### **Observación Directa**

Ayudó a discernir el tipo, estado y modelo del refrigerador que tenían los clientes.

#### **Encuesta**

Se aplicó mediante el instrumento denominado cuestionario, el cual se estructuró con doce preguntas de acuerdo a la información referente a: electrodomésticos que disponían en el hogar, frecuencias de uso, hábitos de consumo, tiempo de compra del refrigerador, tipo de refrigerador; es decir toda la información necesaria que permitió evaluar la propuesta de cambio de los refrigeradores domésticos.

Las técnicas descritas facilitaron obtener información de manera precisa, las cuales fueron aplicadas a los trescientos setenta y cuatro clientes repartidos en diferentes estratos de consumo.

El formato del cuestionario aplicado se encuentra en el anexo No. 3.1

### **El Fichaje**

Con esta técnica auxiliar se recopiló información adicional que no pudo ser incluida en la encuesta como: país de origen, refrigerante utilizado, voltaje, corriente y frecuencia nominal de operación, consumo energético promedio, clasificación energética, capacidad total y neta de los alimentos, empresa fabricante. Datos complementarios que fueron necesarios para determinar de mejor manera las condiciones de consumo de los electrodomésticos analizados.

El formato de la ficha se encuentra en el anexo No. 3.2

### **La medición**

Se aplicó a igual número de muestras, tanto a la entrada del metro contador como a la entrada de la toma del refrigerador, obteniéndose información numérica que permitió efectuar las comparaciones entre refrigeradores de una y dos puertas entre sí, así como en refrigeradores con más de diez años de funcionamiento con refrigeradores nuevos.

Los parámetros medidos tanto a la entrada de la vivienda como en el refrigerador fueron: voltajes mínimo, máximo y promedio, corrientes mínima, máxima y promedio, factor de potencia promedio, potencias activa y reactiva mínima, máxima y promedio, una muestra de las mediciones se presenta en el gráfico No. 3.2.

Los equipos que se utilizaron para las mediciones fueron los analizadores de carga: AR5, Memo box, Yokogawa, y Aeberle PQBox, mismos que fueron facilitados por la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi



Gráfico 3.2: Medición de parámetros eléctricos en un refrigerador dos puertas  
Fuente: Investigador, 2013

Los resultados obtenidos con las mediciones en un metro contador, y dos tipos de refrigerador se presenta en el anexo No. 3.3, y en el anexo 3.4 se presentan los consumos promedio de los clientes residenciales; la discusión de los resultados se realiza en el capítulo IV.

A continuación se detallan los aspectos más relevantes de uno de los analizadores utilizados

### **3.7.- Características de los analizadores Yokogawa CW240**

- Medición simultánea de energía, armónica, fluctuación de voltaje y forma de onda
- Soporta un rango de conexiones
- Amplio rango de medición
- Medición de fuga de corriente
- Memoria externa
- Gran pantalla de LCD

En el cuadro No. 3.5 se presentan las especificaciones de entrada del analizador utilizado, y en cuadro No. 3.6 se presentan las funciones de medición.

Cuadro No. 3.5: Datos de entrada al analizador

Artículo	Voltaje	Corriente
Tipo de entrada	División de potencial resistivo	Detención de pinza
Valor clasificado (rango)	150.0 V 300.0 V 600.0 V 1000 V	Vanã con el tipo de pinza y rango utilizado. 96036 (2 A) 200.0/500.0 mA/1.000/2.000 A 96033 (50 A) 5.000/10.00/20.00/50.00 A 96030 (200 A) 20.00/50.00/100.0/200.0 A 96031 (500 A) 50.00/100.0/200.0/500.0 A 96032 (1000 A) 200.0/500.0 A/1.000 kA 96034 (3000 A rango) 300.0/750.0 A/1.500/3.000 kA (2000 A rango) 200.0/500.0 A/1.000/2.000 kA (1000 A rango) 100.0/200.0/500.0 A/1.000 kA 96035 (3000 A rango) 300.0/750.0 A/1.500/3.000 kA (300 A rango) 30.00/75.00/150.0/300.0 A
Fase a ser medida	Una fase de 2 hilos, una fase de 3 hilos, una fase cables 3 corrientes (corriente en línea neutral), 2 fases 3 hilos 2 corrientes (método de medidor de 2 energías), 3 fases 3 hilos 3 corrientes (método de medidor de 3 energías), 3 fases 4 hilos, 3 fases 4 hilos 4 corrientes (corriente en línea neutral), conexión Scott (3 fases 3 hilos + una fase 3 hilos)	
Número de sistemas a ser medidos	Con el mismo voltaje Una fase 2 hilos: 4 sistemas, una fase 3 hilos: 2 sistemas, 3 fases 3 hilos 2 corrientes: 2 sistemas	
Entrada de resistencia	Aprox. 1.3 MΩ	Aprox. 100 KΩ (unidad principal CW240)
Máxima entrada permitida	1000 Vrms	96036 (2 A) 20 Arms 96033 (50 A) 130 Arms 96030 (200 A) 250 Arms 96031 (500 A) 625 Arms 96032 (1000 A) 700 Arms 96034 (rango 3000 A) 2400 Arms (3600 Arms por 10 min) (rango 2,000 A) 2400 Arms (rango 1000) 1200 Arms 96035 (rango 3000 A) 3600 Arms (rango 300 A) 360 Arms
Convertidor A/D	Conversión simultánea de voltaje/corriente, PLL sincronizado 128 muestras/periodo, resolución 16-bit	

Fuente: Manual del usuario del analizador Yokogawa CW240

Cuadro No. 3.6: Funciones de medición del analizador

Artículo	Voltaje	Corriente/Poder activo/Poder reactivo (método de medidor de poder reactivo es utilizado)
Método	Muestro digital	
Rango de frecuencia	45 a 65 Hz (elemento de medición es seleccionado desde U1, U2 y U3)	
Factor cresta	Entrada clasificada: 3 (sin embargo, 1.8 cuando el rango de 1000 V es utilizado)	
Exactitud	±0.2% lectura ±0.1% medición	96030, 96031, 96033, 96036 ±0.6% lectura ±0.4% lectura 96032, 96034, 96035 ±1.0% lectura ±0.8% lectura
Influencia de factor de potencia	—	96030 ±1.0% medición (45 to 65 Hz, factor de potencia =±0.5) Other than 96030 ±2.0% medición (45 to 65 Hz, factor de potencia =±0.5)
Influencia de factor reactivo	—	96030 ±1.0%mg. (45 to 65 Hz, factor reactivo =±0.5) Other than 96030 ±2.0%mg (45 to 65 Hz, factor reactivo =±0.5)
Rango de entrada activa	5 a 110% de cada rango (Máx. 100% en el caso del rango 1000 V)	
Rango desplegado	Voltaje/corriente: 0.4 a 130% de cada rango (Supresión de cero cuando esté por debajo de 0.4% del valor del rango) Potencia (activa, reactiva, aparente): 0 a 130% de cada rango (Supresión de cero cuando esté por debajo de 0.17% del valor del rango). Nivel harmónico: 0 a 130% de cada rango Frecuencia: 40 a 70 Hz	
Coefficiente de temp.	±0.03% del rango °C	±0.05% del rango °C
Intervalo de actualización de display	Approx. 0.5 segundos	

Fuente: Manual del usuario del analizador Yokogawa CW240

En el cuadro No. 3.7, se muestran las especificaciones generales para su uso

Cuadro No. 3.7: Especificaciones generales de uso del analizador

Localización para uso:	Interiores, exteriores de 2000 metros o menos
Rangos de temp. y humedad de almacenamiento	-20 to 60°C, 90% de humedad relativa (no condensación)
Rangos de temp. y humedad de operación	5 a 40°C, 5 a 80% humedad relativa (no condensación)
Resistencia de aislamiento	500 VDC, 50 M o mayor
	Entre terminales de entrada de voltaje y carcasa
	Entre terminales de entrada de voltaje y terminales de entrada de corriente/ terminales de energía de CD / terminales de interface externas
Aislamiento de voltaje de sostenimiento (50/60 Hz, por un minuto)	5.55 kVAC rms por un minuto (corriente sensada: 1 mA) entre terminales de entrada de voltaje y carcasa 3.32 kVAC rms por un minuto (corriente sensada: 1 mA) Entre terminales de entrada de voltaje y terminales de entrada de corriente/ terminales de energía de CD / terminales de interface externas
Suministro de energía	Adaptador de CA (accesorio estándar), 100 a 240 VAC, 50/60 Hz
Batería de respaldo para suministro de energía	Seis baterías alcalinas tipo AA (accesorio estándar) Un paquete de baterías tipo NiMH (opcional)
Máximo rango de consumo de energía	Unidad principal: Aprox. 10 W (operación normal), aprox. 20 W (durante la carga del paquete de baterías NiMH) Adaptador de CA: Aprox. 30 VA (operación normal), aprox. 60 VA (durante la carga del paquete de baterías NiMH)
Dimensiones externas	Aprox. 206 (ancho) x 184 (alto) x 65 (prof.) mm (excluyendo partes de proyección)
Peso	Aprox. 1.2 kg (sin baterías)

Fuente: Manual del usuario del analizador Yokogawa CW240

## CAPITULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 4.1 Determinación de los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga

Para determinar el porcentaje del uso de la energía eléctrica en el funcionamiento de los refrigeradores domésticos fue necesario conocer cuántos clientes tienen tarifa residencial en la ciudad de Latacunga en su área urbana, por lo que se acudió a la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi (ELEPCO S.A.), la que tiene el catastro cuya información se detalla en el cuadro No. 4.1.

Cuadro No. 4.1 Clientes residenciales por sectores urbanos de Latacunga

FAE	2886
MATRIZ	2384
ELOY ALFARO	4507
IGNACIO FLORES	2287
JUAN MONTALVO	1681
<b>TOTAL DE CLIENTES</b>	<b>13745</b>

Elaboración: Investigador, 2013

De los 13.745 clientes residenciales determinados en base a la información proporcionada por la ELEPCO S.A., en el cuadro No. 4.2, se indican los rangos de consumo, la energía consumida en el periodo de evaluación tomada de 6 meses, y el número de consumidores por cada rango establecido.

Cuadro No. 4.2 Usuarios por rangos de consumo

RANGO DE CONSUMO	CONSUMO (kWh)	Clientes residenciales
0	-	1
1-50	52,287.00	474
51-100	286,253.00	4676
101-150	436,494.00	5629
151-200	324,092.00	2180
201-250	187,705.00	556
251-300	113,372.00	153
301-350	73,131.00	42
351-400	50,764.00	17
>-400	127,490.00	17
TOTAL	1,651,588.00	13745

Elaboración: Investigador, 2013

#### **4.2.- Encuesta a los clientes residenciales del perímetro urbano de Latacunga**

Definida la muestra que se debe tomar por cada estrato, se determinó de forma aleatoria dentro de cada rango los clientes a los cuales se iba a aplicar la encuesta y a la vez, realizar las mediciones tanto en el medidor de la vivienda así como en el equipo refrigerador. Se tomó la alternativa de realizar las mediciones en dos puntos de la vivienda para poder determinar el porcentaje de consumo que representa este electrodoméstico frente al consumo total de un hogar residencial.

En el anexo No. 4.1, se presentan los datos de los clientes residenciales encuestados con las respuestas individuales, y los resultados obtenidos a cada pregunta se muestran a continuación.

Pregunta No. 1

**¿Con qué artefactos eléctricos cuenta su hogar y que tiempo los usa a diario?**

Una vez procesada la información de la encuesta y discriminando por estratos de consumo, en el cuadro No. 4.3 se muestra la cantidad de electrodomésticos que poseen y el número horas que se utilizan a diario, incluido los refrigeradores, mientras que en el cuadro 4.4, se indican los electrodomésticos por estratos de consumo.

<b>CUADRO 4.3 Potencias medidas horas de uso y energía total consumida</b>						
ARTEFACTO	CANT. SEGÚN ENCUESTA	POTENCIA PROMEDIO medida (W)	USO horas/día	CANTIDAD TOTAL	consumo de energía mensual (kWh)	porcentaje de consumo de energía respecto al total
foco ahorrador 20 w	632	20	3.2	23,225.00	44,592.00	2.74%
foco ahorrador 32 w	340	32	2.85	12,495.00	34,186.32	2.10%
foco incandescente 40 w	109	40	1.52	4,006.00	7,306.94	0.45%
foco incandescente 60 w	1224	60	2	44,980.00	161,928.00	9.94%
foco incandescente 100 w	517	100	1.7	18,999.00	96,894.90	5.95%
lamp. Fluorescente 2x20 w	161	40	1.8	5,917.00	12,780.72	0.78%
lamp. Fluorescente 40 w	0	80	1.8	-	-	0.00%
TV CRT 14 Pulg	129	60	2.61	4,741.00	22,273.22	1.37%
TV CRT 21 Pulg	272	75	2.5	9,996.00	56,227.50	3.45%
TV LCD O LED 21 Pulg	61	46	2.5	2,242.00	7,734.90	0.47%
TV LCD O LED 32 Pulg	163	81	2.5	5,990.00	36,389.25	2.23%
DVD	224	8	1	8,232.00	1,975.68	0.12%
Play Station	147	5	0.5	5,402.00	405.15	0.02%
Equipo de sonido	231	240	0.5	8,489.00	30,560.40	1.88%
Radio	143	25	2.19	5,255.00	8,631.34	0.53%
Horno microondas	150	1000	0.15	5,512.00	24,804.00	1.52%
Licudadora	354	600	0.17	13,009.00	39,807.54	2.44%
Plancha	306	875	0.46	11,245.00	136,573.03	8.38%
Ducha electrica	136	2000	0.3	4,998.00	89,964.00	5.52%
Computador escritorio(cpu+m	116	600	2	4,263.00	153,468.00	9.42%
Computador portatil	143	64.75	4	5,255.00	40,831.35	2.51%
Lavadora de ropa	116	217	1	4,263.00	27,752.13	1.70%
Lavadora de vajilla	1	1000	0.3	37.00	333.00	0.02%
Secadora de ropa	14	350	0.44	514.00	2,374.68	0.15%
Abrillantadora	7	300	0.2	257.00	462.60	0.03%
Aspiradora	34	600	0.2	1,249.00	4,496.40	0.28%
Refrigerador 1 puerta	202	130.9	10.5	7,423.00	306,076.27	18.79%
Refrigerador 2 puertas	135	140.00	10.7	4,961.00	222,947.34	13.68%
Refrigerador eficiente	37	92	8.5	1,360.00	31,905.60	1.96%
Waflera	70	1130	0.2	2,572.00	17,438.16	1.07%
Tostadora	7	850	0.2	257.00	1,310.70	0.08%
Bomba de agua --- HP	7	746	1	257.00	5,751.66	0.35%
Calefactor	6	1500	0.1	220.00	990.00	0.06%
<b>otro consumos menores</b>						
<b>GRAN TOTAL</b>					<b>1,629,172.78</b>	<b>100%</b>

Elaboración: Investigador, 2013

El cuadro No. 4.3, muestra la energía total consumida de 1'629.172,78 kWh/mes, por los 13.744 clientes residenciales de acuerdo a las mediciones y encuestas realizadas; mientras que de acuerdo a las lecturas proporcionadas por la ELEPCO S.A. y presentados en el anexo No. 3.4, estos mismos usuarios consumen 1'651.588,00 kWh-mes. Dando un error entre lo medido-encuestado frente al catastro de 1.46 %.

**CUADRO 4.4 CANTIDAD DE ELECTRODOMESTICOS POR ESTRATOS DE CONSUMO**

ARTEFACTO	ESTRATO (001-50 kWh)	ESTRATO (51-100 kWh)	ESTRATO (101-150 kWh)	ESTRATO (151-200 kWh)	ESTRATO (201-250 kWh)	ESTRATO (251-300 kWh)	ESTRATO (301-350 kWh)	ESTRATO (351-400 kWh)	ESTRATO (> 400 kWh)
foco ahorrador 20 w	801	7,902	9,512	3,684	940	259	71	29	29
foco ahorrador 32 w	431	4,251	5,117	1,982	505	139	38	15	15
foco incandescente 40 w	138	1,363	1,641	635	162	45	12	5	5
foco incandescente 60 w	1,551	15,303	18,422	7,134	1,820	501	137	56	56
foco incandescente 100 w	655	6,464	7,781	3,014	769	211	58	23	23
lamp. Fluorescente 20 w	204	2,013	2,423	939	239	66	18	7	7
lamp. Fluorescente 40 w	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TV cristal 14 Pulg	164	1,613	1,942	752	192	53	14	6	6
TV cristal 21 Pulg	345	3,401	4,094	1,586	404	111	31	12	12
TV LCD O LED 21 Pulg	77	763	918	356	91	25	7	3	3
TV LCD O LED 32 Pulg	207	2,038	2,453	950	242	67	18	7	7
DVD	284	2,801	3,372	1,306	333	92	25	10	10
Play Station	186	1,838	2,212	857	219	60	17	7	7
Equipo de sonido	293	2,888	3,477	1,346	343	95	26	11	11
Radio	181	1,788	2,152	834	213	58	16	6	6
Horno microondas	190	1,875	2,257	874	223	61	17	7	7
Licuada	449	4,426	5,328	2,063	526	145	40	16	16
Plancha	388	3,826	4,606	1,784	455	125	34	14	14
Ducha electrica	172	1,700	2,047	793	202	56	15	6	6
Computador escritorio(cpu+monitor+imp)	147	1,450	1,746	676	172	47	13	5	5
Computador portatil	181	1,788	2,152	834	213	58	16	6	6
Lavadora de ropa	147	1,450	1,746	676	172	47	13	5	5
Lavadora de vajilla	1	13	15	6	1	0	0	0	0
Secadora de ropa	18	175	211	82	21	6	2	1	1
Abrillantadora	9	87	105	41	10	3	1	0	0
Aspiradora	43	425	512	198	51	14	4	2	2
Refrigerador 1 puerta	256	2,525	3,040	1,177	300	83	23	9	9
Refrigerador 2 puertas	171	1,688	2,032	787	201	55	15	6	6
Refrigerador eficiente	47	463	557	216	55	15	4	2	2
Waffera	89	875	1,053	408	104	29	8	3	3
Tostadora	9	87	105	41	10	3	1	0	0
Bomba de agua --- HP	9	87	105	41	10	3	1	0	0
Calefactor	8	75	90	35	9	2	1	0	0

Elaboración: Investigador, 2013

La cantidad de electrodomésticos determinada en el cuadro No. 4.4, permite calcular la energía que consumen los clientes residenciales de Latacunga por cada rango o estrato de consumo. Los valores de energía consumida se presentan en el cuadro No. 4.5.

CONSUMOS DE ENERGIA KWH-MES POR ESTRATOS										
ARTIFACTO	RANGO (1-50 kWh)	RANGO (51-100 kWh)	RANGO (101-150 kWh)	CRANGO (151-200 kWh)	RANGO (201-250 kWh)	RANGO (251-300 kWh)	RANGO (301-350 kWh)	RANGO (351-400 kWh)	RANGO kWh-mes (> 400 kWh)	CONSUMO MENSUAL (kWh)
ARTEFACTO										
foco ahorrador 20 w	1,537.88	15,171.14	18,263.12	7,072.95	1,803.93	496.40	136.27	55.16	55.16	44,592.00
foco ahorrador 32 w	1,179.01	11,630.91	14,001.37	5,422.45	1,382.97	380.57	104.47	42.29	42.29	34,186.32
foco incandescente 40 w	252.00	2,485.98	2,992.64	1,158.99	295.60	81.34	22.33	9.04	9.04	7,306.94
foco incandescente 60 w	5,584.54	55,091.34	66,319.32	25,684.16	6,550.64	1,802.60	494.83	200.29	200.29	161,928.00
foco incandescente 100 w	3,341.69	32,965.70	39,684.33	15,368.95	3,919.79	1,078.65	296.10	119.85	119.85	96,894.90
lamp. Fluorescente 20 w	440.78	4,348.27	5,234.48	2,027.21	517.03	142.28	39.06	15.81	15.81	12,780.72
lamp. Fluorescente 40 w	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TV CRT 14 Pulg	768.15	7,577.82	9,122.23	3,532.86	901.04	247.95	68.06	27.55	27.55	22,273.22
TV CRT 21 Pulg	1,939.16	19,129.79	23,028.57	8,918.51	2,274.63	625.93	171.82	69.55	69.55	56,227.50
TV LCD O LED 21 Pulg	266.76	2,631.58	3,167.91	1,226.87	312.91	86.11	23.64	9.57	9.57	7,794.90
TV LCD O LED 32 Pulg	1,254.98	12,380.39	14,903.60	5,771.87	1,472.09	405.09	111.20	45.01	45.01	36,389.25
DVD	68.14	672.17	809.16	313.37	79.92	21.99	6.04	2.44	2.44	1,975.68
Play Station	13.97	137.84	165.93	64.26	16.39	4.51	1.24	0.50	0.50	405.15
Equipo de sonido	1,053.96	10,397.30	12,516.33	4,847.33	1,236.29	340.20	93.39	37.80	37.80	30,560.40
Radio	297.68	2,936.56	3,535.06	1,369.06	349.17	96.09	26.38	10.68	10.68	8,631.34
Horno microondas	855.43	8,438.85	10,158.74	3,934.28	1,003.42	276.12	75.80	30.68	30.68	24,804.00
Licudora	1,372.87	13,543.37	16,303.60	6,314.06	1,610.37	443.14	121.65	49.24	49.24	39,807.54
Plancha	4,710.10	46,465.08	55,934.98	21,662.51	5,524.93	1,520.35	417.35	168.93	168.93	136,573.16
Ducha electrica	3,102.66	30,607.66	36,845.70	14,269.61	3,639.41	1,001.49	274.92	111.28	111.28	89,964.00
Computador escritorio(cpu+)	5,292.77	52,213.07	62,854.44	24,342.28	6,208.40	1,708.43	468.98	189.83	189.83	153,468.00
Computador portatil	1,408.18	13,891.69	16,722.91	6,476.45	1,651.79	454.54	124.78	50.50	50.50	40,831.35
Lavadora de ropa	957.11	9,441.86	11,366.18	4,401.89	1,122.69	308.94	84.81	34.33	34.33	27,752.13
Lavadora de vajilla	11.48	113.29	136.38	52.82	13.47	3.71	1.02	0.41	0.41	333.00
Secadora de ropa	81.90	807.92	972.58	376.66	96.07	26.44	7.26	2.94	2.94	2,374.68
Abrillantadora	15.95	157.39	189.46	73.38	18.71	5.15	1.41	0.57	0.57	462.60
Aspiradora	155.07	1,529.77	1,841.55	713.19	181.90	50.05	13.74	5.56	5.56	4,496.40
Refrigerador 1 puerta	10,555.89	104,133.63	125,356.76	48,548.19	12,382.01	3,407.28	935.33	378.59	378.59	306,076.27
Refrigerador 2 puertas	7,688.96	75,851.41	91,310.43	35,362.72	9,019.12	2,481.88	681.30	275.76	275.76	222,947.34
Refrigerador eficiente	1,100.35	10,854.96	13,067.27	5,060.70	1,290.71	355.18	97.50	39.46	39.46	31,905.60
Wafflera	601.40	5,932.83	7,141.98	2,765.95	705.44	194.12	53.29	21.57	21.57	17,438.16
Tostadora	45.20	445.93	536.81	207.90	53.02	14.59	4.01	1.62	1.62	1,310.70
Bomba de agua --- HP	198.36	1,956.84	2,355.65	912.30	232.68	64.03	17.58	7.11	7.11	5,751.66
Calefactor	34.14	336.82	405.46	157.03	40.05	11.02	3.03	1.22	1.22	990.00
TOTAL DE CONSUMOS	56,186.55	554,279.14	667,244.93	258,410.72	65,906.59	18,136.17	4,978.56	2,015.13	2,015.13	1,629,172.91

Elaboración: Investigador, 2013

Pregunta No. 2

**¿Cuántas personas conforman su hogar?**

Una vez tabuladas las encuestas realizadas a la muestra se determina que el número de miembros que conforman un hogar predominantemente son de cinco personas, como se muestran en el grafico No. 4.1

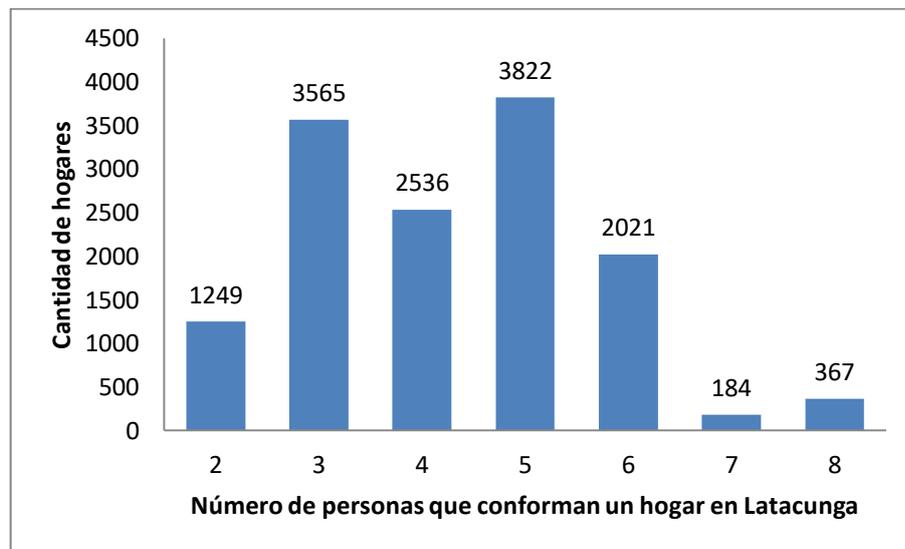


Grafico 4.1. Distribución de numero miembros por familia en Latacunga

Elaborado: Investigador, 2013

Al realizar el estudio específicamente en la ciudad, los habitantes si bien cuentan con todas las comodidades de la misma, los consumos por estratos varían, no porque no dispongan de los electrodomésticos, sino más bien porque muchos hogares están formados por dos o tres miembros, otros hogares trabajan todos los miembros lo que conlleva a que sus consumos sean bajos.

El censo de Población y vivienda realizado en el año 2010, determino que viven cuatro personas por familia en los hogares latacungueños, esto puede deberse a que en dicha fecha por disposición gubernamental las personas se trasladaron a su lugar de origen, mientras que en nuestra encuesta se verifico la existencia de cinco miembros una misma familia.

Pregunta No. 3

**¿Tiene refrigerador?**

El 100 % de las personas encuestadas manifiestan que poseen un refrigerador

Pregunta No. 4

**¿Hace que tiempo compró su refrigerador?**

La información procesada determina que el 42 % de clientes residenciales compró su refrigerador hace diez años o menos, el 44 % de los clientes residenciales tienen su refrigerador con más de diez años pero menos de quince años, y el 15 % de los clientes compró su refrigerador hace más de quince años, llegando incluso algunos a los 35 años de vida del electrodoméstico. En el gráfico No. 4.2, se muestra la distribución de refrigeradores en porcentaje

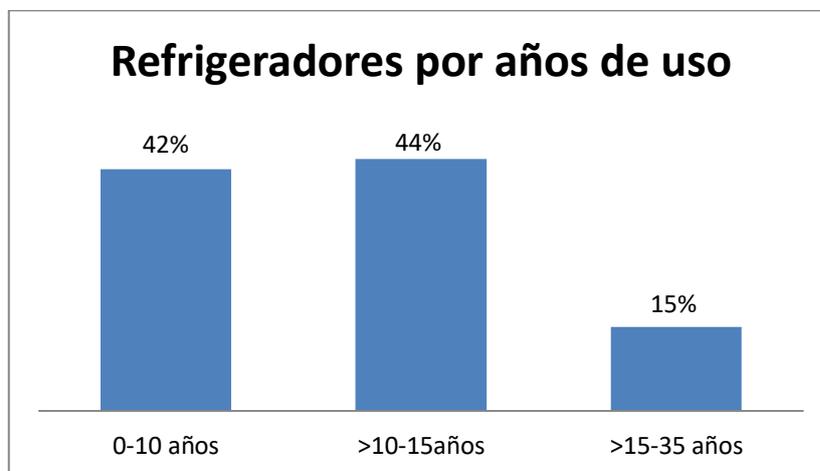


Gráfico No. 4.2: Distribución de refrigeradores por años de uso

Elaborado: Investigador, 2013

Pregunta No. 5

**¿Su refrigerador es de una o dos puertas?**

El predominio del tipo de refrigeradores en el área urbana de Latacunga en los clientes residenciales son los electrodomésticos de una sola puerta,

determinándose la existencia en la ciudad de 10.779 unidades con una sola puerta, mientras que de dos puertas se determina la cantidad de 2.736 unidades y 229 unidades eficientes, lo que corresponde al 78%, 20 % y 2 % respectivamente. En el gráfico No. 4.3, se muestra cantidad de refrigeradores de una o dos puertas en porcentaje.

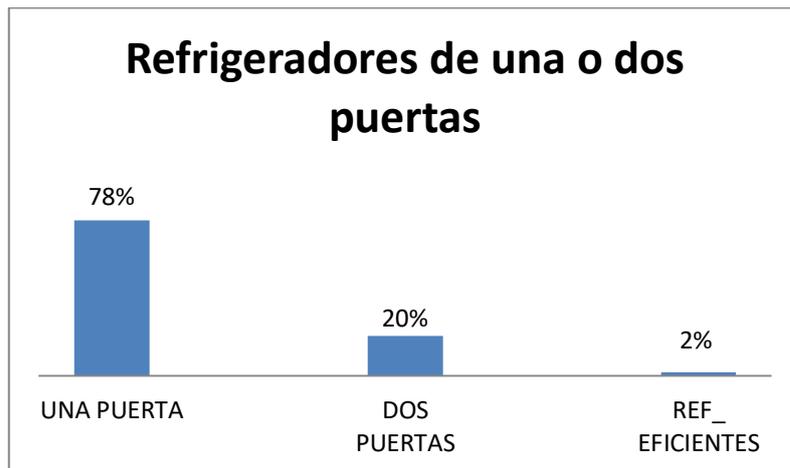


Gráfico No. 4.3 Porcentaje de refrigeradores de una y dos puertas  
Elaborado: Investigador, 2013

Pregunta No. 6

#### ¿Su refrigerador tiene sistema NO FROST?

Se determina que 7.497, que corresponde al 55 % de refrigeradores no tiene el sistema de descongelamiento automático, mientras que 6.247, que corresponde al 45 % si tienen el sistema NO FROST. Estos valores en porcentaje se presentan en el gráfico No. 4.4.

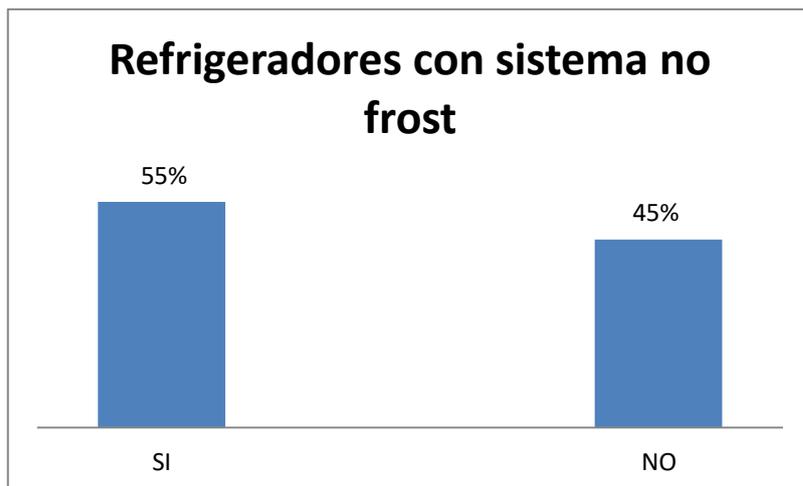


Grafico No. 4.4: Distribución de refrigeradores con y sin sistema no frost  
Elaborado: Investigador, 2013

Pregunta No. 7

**¿Con qué frecuencia durante el día abre la puerta de su refrigerador?**

Se establecieron rangos de una a tres veces, de cuatro a seis y más de seis veces durante el día, teniendo predominio como costumbre en los clientes de Latacunga abrir entre cuatro y seis veces diarias las puertas de sus refrigeradores tal como se muestra en el gráfico No. 4.5, en forma porcentual

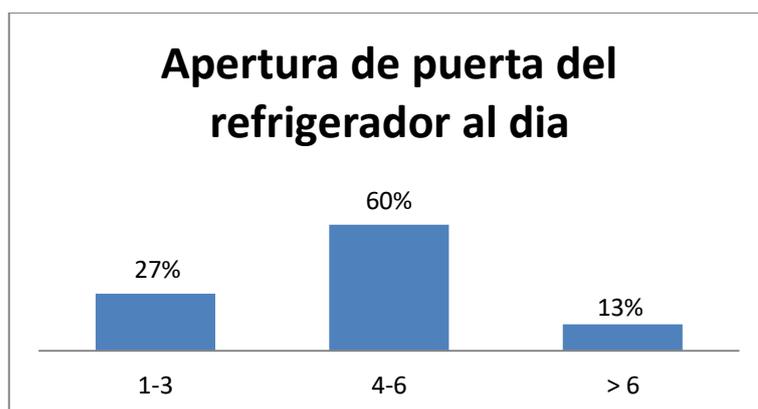


Grafico No. 4.5: Veces que abren la puerta del refrigerador al día  
Elaborado: Investigador, 2013

Pregunta No. 8

**¿Generalmente en que regulación mantiene el termostato del refrigerador?**

En esta pregunta las respuestas son variadas ya que existen 6 diales en el refrigerador y todo depende de los años de vida, estado de funcionamiento, ubicación del mismo, cantidad de alimentos que tengan guardados, número de veces que abran o cierren las puertas, por lo que en el gráfico No. 4.6, se indican las tendencias de uso de los diales porcentualmente.

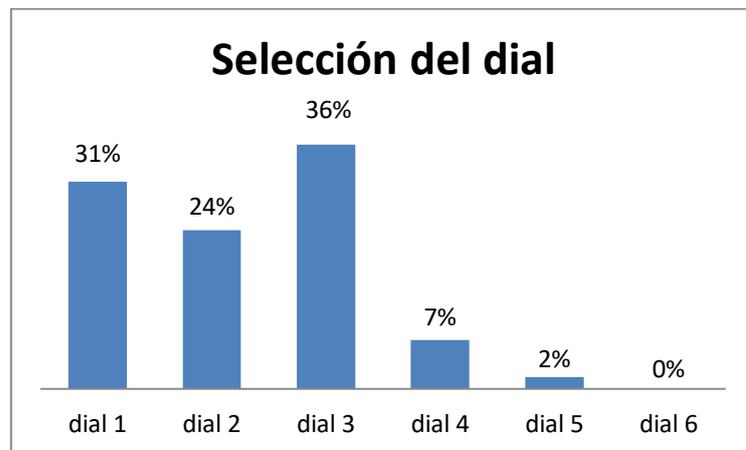


Grafico No. 4.6: Refrigeradores con selección de diferentes dial

Elaborado: Investigador, 2013

El dial 3 es el más utilizado, seguido por el dial uno luego el dial dos, habiendo pocos clientes que tienen sus refrigeradores en diales altos como el cuatro o el cinco, sin reportar en las encuestas que algún usuario utilice el dial seis de su refrigerador. Por lo que no se evalúa el consumo de energía en los diales superiores ni el ahorro que podría significar el cambiara de los diales altos a un dial medio que sería el numero 3

Pregunta No. 9

**¿Ha realizado algún tipo de mantenimiento en su refrigerador?**

A esta pregunta, los encuestados han respondido que el mantenimiento que dan a sus refrigeradores es bien bajo, exclusivamente lo realizan cuando por algún desperfecto deja de funcionar totalmente; pero en ningún caso han manifestado

que realizan un mantenimiento preventivo. En el grafico No. 4.7, se muestra el número de unidades que han sido sometidas a un mantenimiento en porcentaje

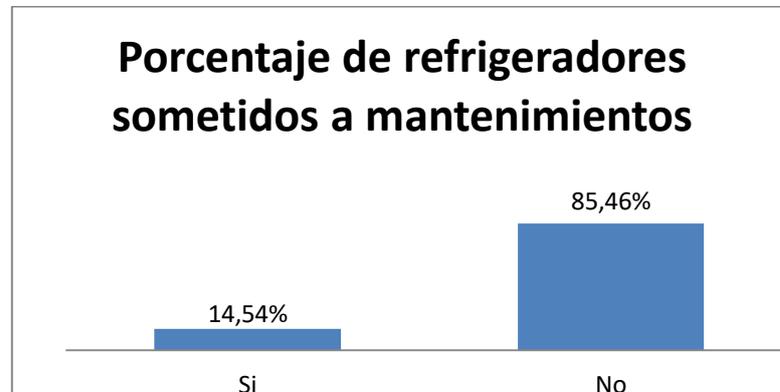


Grafico No. 4.7: Refrigeradores sometidos a mantenimiento

Elaborado: Investigador, 2013

Pregunta No. 10.-

**¿Conoce usted sobre el plan RENOVA?**

En esta pregunta prácticamente se equiparan entre los clientes que manifiestan conocer del plan y los que desconocen del mismo, esto puede deberse a que muchas de las personas que viven en los hogares no sintonizan la radio o no son apegadas a los programas de televisión por lo que no están al tanto de las cuñas comerciales que informan sobre el programa del gobierno nacional. El grafico No. 4.8, muestra el porcentaje de clientes que conoce sobre el plan renova.

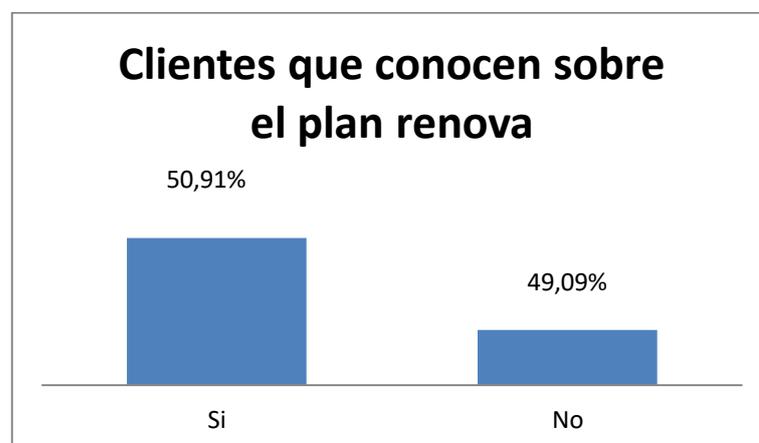


Grafico 4.8; Clientes que conocen sobre el plan renova

Elaborado: Investigador, 2013

Pregunta No. 11.-

**¿Considera que en su hogar ahorran energía?**

La mayoría de los encuestados ha indicado que si ahorra energía en el hogar, sin embargo, en las visitas realizadas se pudo observar derroche de energía con dos o tres televisores encendidos, focos prendidos durante el día, así como equipos de música, computadores que estaban funcionando sin ser utilizados. El gráfico No. 4.9, muestra el porcentaje de las personas ahorran energía de acuerdo a la encuesta.

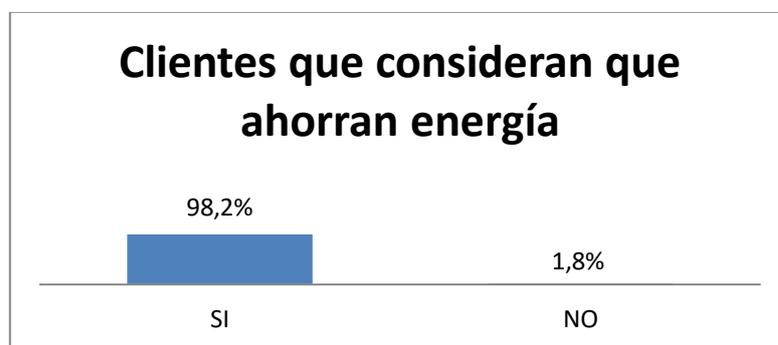


Grafico No. 4.9: Hogares que consideran que ahorran energía  
Elaborado: Investigador, 2013

Pregunta No. 12

**¿Estaría dispuesto a cambiar su refrigerador antiguo por uno eficiente?**

A esta pregunta existe una acogida masiva, por querer cambiar los refrigeradores antiguos por equipos eficientes. El porcentaje que no está de acuerdo se debe a diferentes factores como son la edad de los clientes que se resisten a al cambio, desconocimiento de los procedimientos para optar por un plan de recambio y un motivo bastante importante es el que existen experiencias de cambio por un refrigerador nuevo con el plan RENOVA, y estos equipos son los que han fallado con tiempos de uso de meses o máximo uno o dos años.

En el gráfico No. 4.10, se muestran los porcentajes de clientes interesados en efectuar el cambio.

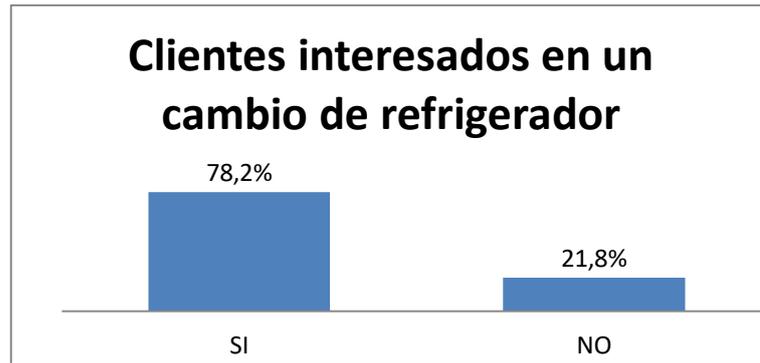


Grafico No. 4.10: Clientes dispuestos a cambiar sus refrigeradores  
Elaborado: Investigador, 2013

### 4.3.- Determinación de curvas de carga mediante mediciones

Luego de las mediciones efectuadas en varios refrigeradores de diferentes edades, así como de una o dos puertas, en base a los valores obtenidos se generan las curvas de carga típicas para cada uno de los tipos de refrigeradores.

En el grafico 4.11, se observa una curva típica de un refrigerador obsoleto donde se ha determinado que la potencia media de consumo es 130.9 vatios mientras que la máxima llega a los 147 vatios en los refrigeradores con más de 15 años de vida útil, esta curva representa a los refrigeradores con una sola puerta y que no tiene sistema no frost.

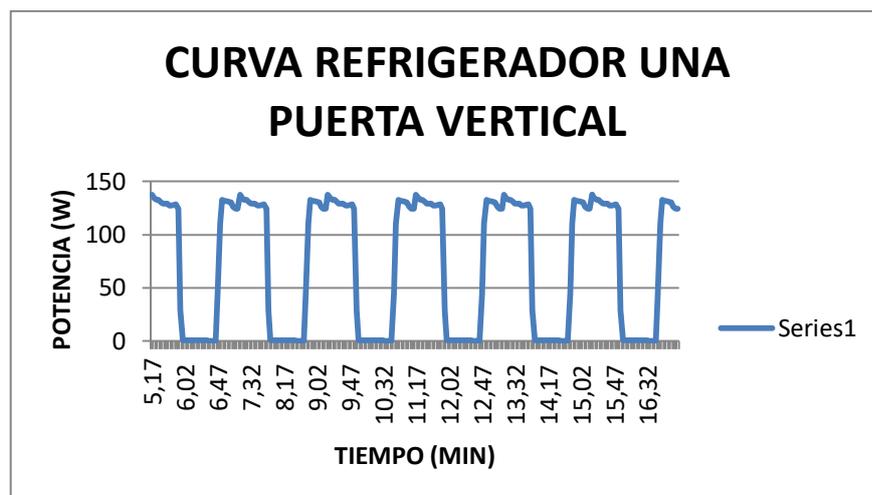


Grafico No. 4.11: Curva típica de refrigerador una puerta vertical  
Elaborado: Investigador, 2013

De igual manera se efectuaron varias mediciones en refrigeradores con 2 puertas, siendo la curva típica la que se muestra en el grafico No 4.12 en donde se determina que la potencia media es 140 vatios mientras que la máxima llega a los 170 vatios, y la misma curva descargada directamente del analizador se muestra en el gráfico No. 4.13.

Los valores obtenidos de las mediciones se presentan en el anexo No. 3.3

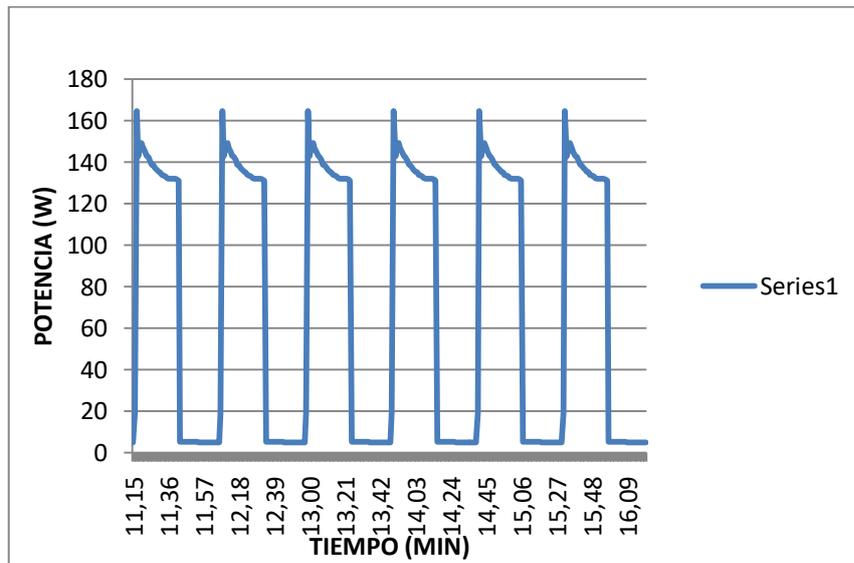


Gráfico No. 4.12 Curva típica de refrigerador dos puertas  
Elaborado: Investigador, 2013

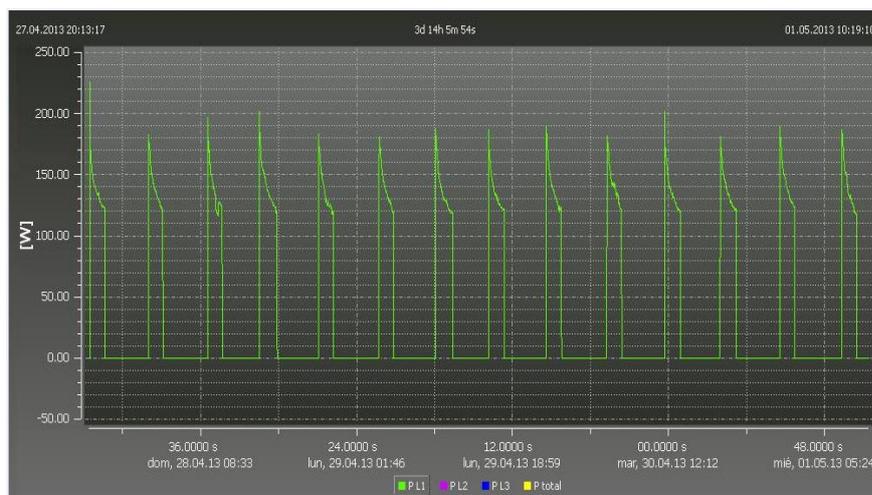


Gráfico No. 4.13: Curva típica de refrigerador dos puertas  
Fuente: Analizador Yokogawa

En el gráfico 4.14 se determinó que la potencia media es 130 vatios mientras que la máxima llega a los 150 vatios, pero en este caso es únicamente un pico, luego de lo cual decae. Al tener las refrigeradoras en dial uno al pico es al momento del arranque únicamente; mientras que en el dial 3 se tiene dos picos como se observa en el gráfico, uno al momento del arranque y otro a la mitad del periodo.

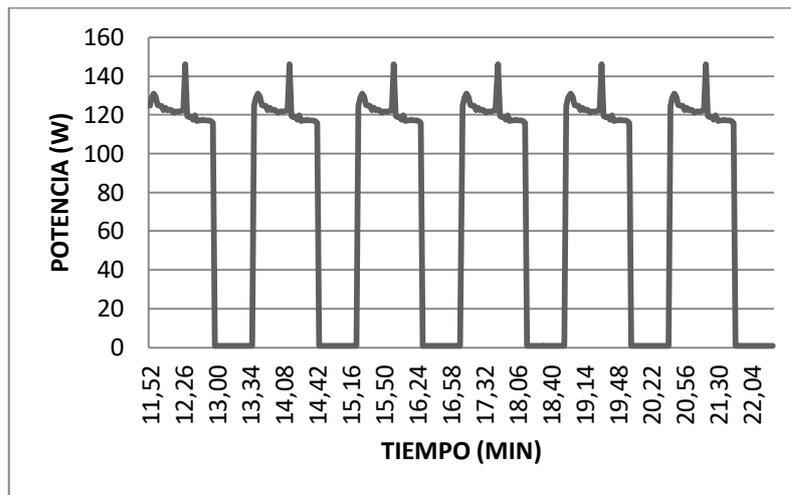


Grafico No. 4.14 Curva de carga refrigerador de dos puertas regulación 3  
Elaboración: Investigador, 2013

En el gráfico No. 4.15, se muestra una curva típica de los refrigeradores con más de 25 años de vida útil. En este tipo de electrodomésticos se observó que el funcionamiento es más frecuente, se detectó que los sellos se encontraban en mal estado, el compresor presentaba ruido excesivo, así como los congeladores estaban completamente cubiertos de hielo todas las paredes hasta la bandeja inferior que recoge el agua del descongelamiento.

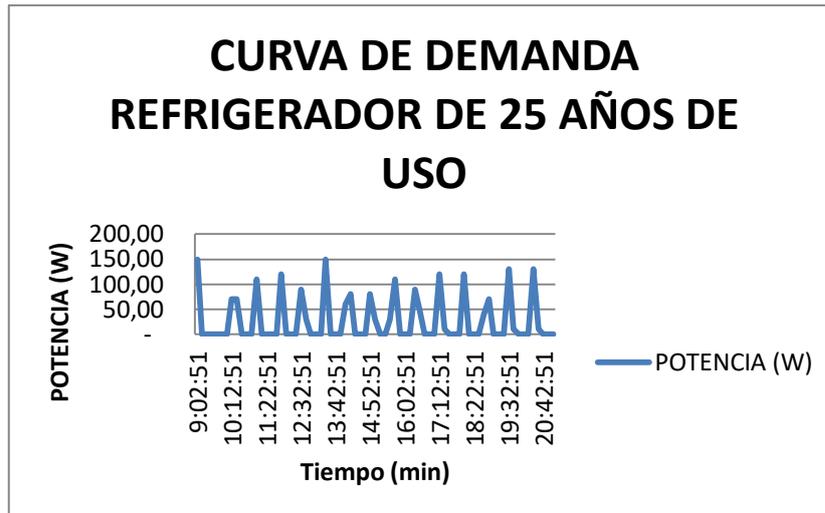


Grafico No. 4.15 Curva de carga Refrigerador de más de 25 años de vida  
Elaborado: Investigador, 2013

#### 4.4.- Determinación del consumo de los electrodomésticos

Una vez que se definieron los hábitos de consumo, así como la cantidad de electrodomésticos que poseen los hogares Latacungueños, haciendo referencia al cuadro No. 4.3, se determinaron los siguientes valores y porcentajes:

El consumo promedio mensual del sector residencial en la ciudad de Latacunga es de 1'629.172,78 kilovatios-hora; de donde los artefactos que más consumen dentro del hogar son los siguientes:

##### **Refrigeradores**

Se determinó un número de 13.744 unidades, que consumen 560.929,21 kWh/mes cuya energía representa el 34.43 % del consumo total

##### **Iluminación**

Se determinó un total de 109.622 unidades, de las cuales 35.720 son focos ahorradores representando el 32.58 % del total de focos utilizados.

Con estas cifras se determina que en Latacunga se tiene un promedio de 7.97 focos por consumidor y la iluminación representa el 21.96 % del consumo total

### **Computadores**

Se ha determinado una cantidad de 9.518 unidades que consumen 194.299.35 kWh/mes y representa el 11.93 % del consumo total

### **Televisores**

Se ha determinado una cantidad de 22.969 unidades que consumen 122.624.87 kWh/mes y representa el 6.16 % del consumo total

### **Plancha**

Se determinó un total de 11.245 unidades que consumen 136,573.03 kWh/mes y representa el 8.38 % del consumo total

### **Ducha Eléctrica**

Se determinó un total de 4.988 unidades que consumen 89.964,00 kWh/mes y representa el 5.52 % del consumo de la planilla

El resto de los artefactos eléctricos tienen porcentajes que oscilan entre 0.02 % y el 1.88 %; es decir que afectan en menor medida al consumo total.

En el cuadro 4.6 se muestra un resumen con los artefactos más representativos, su respectivo consumo y porcentaje de afectación, siendo los de mayor peso los refrigeradores, seguidos de la iluminación

Cuadro No. 4.6: Electrodomésticos de mayor consumo energético

ARTEFACTO	CANTIDAD	CONSUMO kWh/mes	% CONSUMO TOTAL
REFRIGERADOR	13,744.00	560,929.21	34.43
ILUMINACION	109,622.00	357,688.88	21.96
COMPUTADOR	9,518.00	194,299.35	11.93
TELEVISOR	22,969.00	122,624.87	6.16
PLANCHA	11,245.00	136,573.03	8.38
DUCHA ELECTRICA	4,988.00	89,964.00	5.52
OTROS		303,666.47	11.62
TOTAL		1,629,172.78	100.00

Fuente: Investigador, 2013

#### 4.5.- Características de consumo de los refrigeradores eficientes

Los refrigeradores eficientes presentan un menor consumo debido principalmente a que se ha logrado disminuir la transferencia de calor con el exterior incrementando la resistividad térmica del aislante y disminuyendo las fuentes de calor del aparato, mejorando las características de funcionamiento del motor. Y de igual manera se ha mejorado haciendo más eficiente su sistema de refrigeración, además de que se ha cambiado el uso del refrigerante a uno más amigable con el ambiente

Con estos antecedentes se han realizado mediciones en los refrigeradores eficientes determinándose que presentan un bajo consumo de energía, periodos más largos de apagado y periodos más cortos de funcionamiento.

#### 4.6.- Cuantificación del ahorro de energía

En el cuadro No. 4.7, se muestra la cantidad de refrigeradores por tiempo de uso y si son de una o dos puertas.

Cuadro No. 4.7 Distribucion refrigeradores por numero de puertas y años de uso

1 PUERTA 0-10 AÑOS	2 PUERTAS 0-10 AÑOS	1 PUERTA >10-15 AÑOS	2 PUERTAS >10-15 AÑOS	1 PUERTA >15 AÑOS	2 PUERTAS >15 AÑOS	REFRIGER. EFICIENTES
4507	1144	4703	1194	1,569.00	398	229
32.8%	8.3%	34.2%	8.7%	11.4%	2.9%	1.7%

Elaborado: Investigador, 2013

Del cuadro anterior se determina que el 34.2 % de refrigeradores de una sola puerta están funcionando por más de diez años; y el 11.4 % se encuentran en uso por más de 15 años

Igualmente se ha determinado que el 8.7 % de refrigeradores de dos puertas están funcionando por más de diez años; y el 2.9 % se encuentran en uso por más de 15 años.

Una vez determinado el parque refrigerador existente en la ciudad de Latacunga se procede a evaluar el mismo de acuerdo al detalle que se muestra en el cuadro No. 4.8

Cuadro No. 4.8: Evaluación del ahorro energético en refrigeradores

DISTRIB.DE REFRIGERADORES EN LTGA	CANT	USO HORAS/DIA	P. medida (W)	ahorro (W)	ahorro energia kWh/mes
TOTAL REFRIG. UNA PUERTA 0 A 10 AÑOS	4,507	10.5			
TOTAL REFRIG. UNA PUERTA >10-15 AÑOS	4,703	10.5	130.9	54.9	81,331.33
TOTAL REFRIG. UNA PUERTA > 15 AÑOS	1,569	10.5	135	59	29,159.87
TOTAL REFRIG. DOS PUERTAS 0 A 10 AÑOS	1,144	10.7			
TOTAL REFRIG. DOS PUERTAS >10-15 AÑOS	1,194	10.7	140	64	24,529.54
TOTAL REFRIG. DOS PUERTAS > 15 AÑOS	398	10.7	147.74	71.74	9,165.36
REFRIGERADOR EFICIENTE	229	8.5	76		
Refrigeradores < 10 años NO se considera para el análisis					
Total ahorro energia kWh-mes					<b>144,186.09</b>

Elaborado: Investigador, 2013

#### **4.7.- Beneficio económico, al consumidor**

Determinado el parque de refrigeradores existentes en la ciudad de Latacunga, se procede a su evaluación realizando las siguientes consideraciones.

- Costo del kWh: 8 centavos de dólar
- Se mantendrá el criterio de la política gubernamental de calificar el cambio de los refrigeradores con más de diez años de uso.
- Vida útil de las refrigeradoras: 15 años
- Tasa de descuento: 6 %

La cantidad de energía ahorrada al precio de 8 centavos de dólar representa un ahorro anual de \$ 111.84 con las refrigeradoras de una sola puerta y de \$130.08 con el cambio de las refrigeradoras de dos puertas.

Este ahorro permite calcular los indicadores económicos para determinar la viabilidad económica del proyecto. En este cálculo no se considera el valor residual del electrodoméstico por la chatarrización, así como tampoco se considera el valor recuperado por la colocación en el mercado de los bonos de carbono.

A continuación en los cuadros Nos. 4.9 y 4.10 se indican los cálculos del VAN, TIR y B/C, con los costos individuales de las refrigeradoras de una y dos puertas.

Cuadro 4.9 Calculo del VAN, TIR Y B/C refrigerador una puerta

Período	Flujo de Fondos	Vafe
0	-519	
1	111.84	105.51
2	111.84	99.54
3	111.84	93.90
4	111.84	88.59
5	111.84	83.57
6	111.84	78.84
7	111.84	74.38
8	111.84	70.17
9	111.84	66.20
10	111.84	62.45
11	111.84	58.92
12	111.84	55.58
13	111.84	52.43
14	111.84	49.47
15	111.84	46.67
TOTAL FLUJOS EFECTIVO		1,086.22
INVERSION INICIAL		-519
VAN		\$ 1,086.22
VAN		\$ 1,086.22
TIR		20.18%
VPNC (Val. Presen. neto inversión)		216.56
B/C		5.02

Elaborado: Investigador, 2013

Cuadro 4.10: Calculo del VAN, TIR Y B/C en refrigeradores de dos puertas

Período	Flujo de Fondos	Vafe
0	-581	
1	130.08	122.72
2	130.08	115.77
3	130.08	109.22
4	130.08	103.04
5	130.08	97.20
6	130.08	91.70
7	130.08	86.51
8	130.08	81.61
9	130.08	76.99
10	130.08	72.64
11	130.08	68.52
12	130.08	64.65
13	130.08	60.99
14	130.08	57.53
15	130.08	54.28
TOTAL FLUJOS EFECTIVO		1,263.37
INVERSION INICIAL		-581
VAN		\$ 1,263.37
VAN		\$ 1,263.37
TIR		21.13%
VPNC (Val. Presen. neto inversión)		242.43
B/C		5.21

Elaborado: Investigador, 2013

Con estos valores se calcula los periodos de recuperación de la inversión los que se muestran en los cuadros 4.11 y 4.12, y se desprende que los refrigeradores de una sola puerta se pagan en cuatro años y siete meses sin considerar ningún

subsidio por parte del Estado Ecuatoriano; mientras que los refrigeradores de dos puertas se pagan solos en cuatro años cuatro meses.

Cuadro No. 4.11: Periodo de recuperación del refrigerador de una puerta

años	Flujo de inversión	flujos actualizados	flujos acumulados	saldo
0				519
1	111.84	105.51	105.51	413.49
2	111.84	99.54	99.54	313.95
3	111.84	93.90	93.90	220.05
4	111.84	88.59	88.59	131.46
5	111.84	83.57	83.57	47.89
6	111.84	78.84	78.84	(30.95)

Elaborado: Investigador, 2013

Cuadro No. 4.12: Periodo de recuperación del refrigerador de dos puertas

años	Flujo de inversion	flujos actualizados	flujos acumulados	saldo
0				581
1	130.08	122.72	122.72	458.28
2	130.08	115.77	238.49	342.51
3	130.08	109.22	347.71	233.29
4	130.08	103.04	450.74	130.26
5	130.08	97.20	547.94	33.06
6	130.08	91.70	639.65	(58.65)

Elaborado: Investigador, 2013

Los valores calculados, determinan que el proyecto del cambio de refrigeradores obsoletos por refrigeradores eficientes energéticamente, es rentable.

#### **4.8.- Beneficio económico, a la Empresa Distribuidora**

La Empresa Distribuidora dejaría de vender 144.186,09 kWh/mes por lo que dejaría de percibir por concepto de venta de energía por el cambio de refrigeradores obsoletos a refrigeradores eficientes la suma de \$ 11.534.88 dólares mensuales esto solo en la ciudad de Latacunga.

Esta energía No facturada en el consumo de los refrigeradores ineficientes se transforma en potencia disponible que puede utilizarse para dotar del servicio a más usuarios. La potencia ahorrada es de 455.73 kW.

#### **4.9.- Beneficio social**

##### **Beneficiarios directos del proyecto:**

De los 13.744 clientes residenciales, 7.864 usuarios finales son los beneficiarios directos, principalmente por ahorro en consumo de energía lo que implica una rebaja en el costo de la planilla del servicio eléctrico, este valor económico podrá dedicarlo a cubrir otras necesidades lo que repercute favorablemente en su calidad de vida.

##### **Beneficiarios indirectos del proyecto:**

Todos los habitantes del planeta (se evitan emisiones de CFC a la atmósfera con el consecuente impacto sobre la capa de ozono, el calentamiento global y se disminuye consumo de energía con los impactos ambientales y sociales derivados).

La potencia ahorrada de 455.73 kW, abastece para dotar de servicio eléctrico a 520 usuarios residenciales urbanos tipo B, o a unos 825 usuarios residenciales

rurales tipo C, sino se atiende a nuevos clientes esta potencia ahorrada se puede utilizar en incrementar el alumbrado público y alcanzaría para instalar 1823 nuevas luminarias de 250 W. de vapor de sodio.

#### **4.10.- Beneficio ambiental**

El país como firmante del Protocolo de Montreal, podrá avanzar en el cumplimiento de las metas exigidas por dicho convenio.

En caso de no utilizar esta potencia ahorrada, el beneficio ambiental inicial ésta en que no se consumen los recursos para generar esta potencia.

Retirando del servicio los refrigeradores antiguos, se elimina el riesgo de que los refrigerantes sobre todo el R12 puedan evaporarse al ambiente.

Reciclando de manera adecuada sus componentes, muchos de los elementos pueden ser reciclados para su uso y solo una pequeña parte se destina al depósito de municipal.

La implementación del plan de recambio de refrigeradores obsoletos por refrigeradores eficientes trae consigo beneficios que son difícilmente cuantificables, sin embargo es importante tomar en cuenta su posible implementación ya que existe en la actualidad un mercado de bonos de carbono, en donde se pueden vender las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas. Al existir un menor consumo necesariamente ocasiona que se disminuya la producción y el transporte de energía, lo que conlleva necesariamente a disminuir la liberación de gases nocivos al ambiente.

En el presente proyecto en base al trabajo de campo se determinó que es factible el cambio de 6.272 refrigeradores de una puerta y 1.592 refrigeradores de dos puertas, todos estos refrigeradores con más de diez años de vida útil por lo que al realizar su respectiva valoración utilizando el programa disponible en la

página web del Ministerio de Energía del gobierno de Chile, para calcular los ahorros producidos por comprar un refrigerador eficiente, se encontró que el recambio de un refrigerador antiguo por uno eficiente de una sola puerta, produce una reducción de la contaminación atmosférica de 0.98 toneladas de CO2 por refrigerador. Mientras que en los refrigeradores de dos puertas se produce una reducción de la contaminación de 1.10 toneladas de CO2 por refrigerador.

Con los valores obtenidos por unidad refrigeradora a través de software mencionado anteriormente se encuentra el valor total que se podría obtener por la venta de las NO emisiones de CO2

En la actualidad y por la crisis económica europea el costo de la tonelada de CO2, ha variado de los veinte dólares a los seis dólares, sin embargo en nuevas reuniones y con el fin de detener el avance de la contaminación ambiental se está proponiendo que el costo llegue a los 150 euros. Por esta razón la Junta de Recursos del Aire de California (Air Resources Board), recomienda un valor de 10,71 dólares por tonelada equivalente de CO2 para la evaluación de este tipo de proyectos.

La determinación del valor total de las toneladas equivalentes de CO2 dejadas de emitir por el recambio de los refrigeradores, se muestran en el cuadro No 4.13

Cuadro No. 4.13: Costo total por las NO emisiones de CO2

REFRIGERADORES EXISTENTES EN EL CASCO URBANO DE LA CIUDAD DE LATACUNGA	Cantidad	AHORRO CONTAM. CO2	TONELADAS TOTAL CO2	*COSTO TONELADA CO2	COSTO TOTAL
TOTAL REFRIG. UNA PUERTA 0 A 10 AÑOS	4507	0	0		
TOTAL REFRIG. UNA PUERTA >10-15 AÑOS	4703	0.98	4608.94	10.71	49,361.75
TOTAL REFRIG. UNA PUERTA > 15 AÑOS	1569	0.98	1537.62	10.71	16,467.91
TOTAL REFRIG. DOS PUERTAS 0 A 10 AÑOS	1144	0			
TOTAL REFRIG. DOS PUERTAS >10-15 AÑOS	1194	1.1	1313.4	10.71	14,066.51
TOTAL REFRIG. DOS PUERTAS > 15 AÑOS	398	1.1	437.8	10.71	4,688.84
REFRIGERADOR EFICIENTE	229	0	0		
VALOR TOTAL POR VENTA DE TONELADAS DE CO2 LIBERADAS					84,585.01
Refrigeradores < 10 años NO se considera para el analisis					
* Precio sugerido por Junta de Recursos del Aire de California					

Elaboración: Investigador, 2013

## **CAPITULO V: LA PROPUESTA**

### **5.1.- Título de la Propuesta**

**“Diseño de un plan operativo de gestión energética”**

### **5.2.- Justificación de la propuesta**

Mediante la investigación se ha demostrado que es factible reducir el consumo eléctrico en los hogares de Latacunga y por ende reducir el valor de la planilla del servicio eléctrico, además de que el recambio trae consigo beneficios sociales y ambientales evidentes, los cuales hay que promocionar de una manera adecuada tanto técnica como económicamente, de tal manera que el proyecto a más de ser viable sea aplicable con el éxito esperado, por lo que es necesario el diseño de un plan operativo de eficiencia energética que permita llegar a todos los estratos del cantón Latacunga en un inicio y a todo el país en una aplicación general.

Acciones efectuadas en el Ecuador

El proyecto contempla un proceso de disposición final de las refrigeradoras obsoletas que podría ser supervisado por el MIPRO, el MAE y ELEPCOSA.

Se recupera el refrigerante y se almacena dependiendo del tipo (R-12, R134a, R22)

El R-12 va directamente a la destrucción, los refrigerantes R-134a y R22, una vez analizados van a su regeneración o destrucción.

El Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO) ha adquirido una maquina regeneradora, la misma que será entregada al Servicio Ecuatoriano de Capacitación Profesional (SECAP), entidad con la cual se está trabajando en la capacitación de los técnicos que recuperarán los refrigerantes en las empresas de reciclado.

El MIPRO, ejecuto un curso de capacitación a capacitadores en el SECAP, para la capacitación de los técnicos de los gestores de los refrigeradores.

En el SECAP, se establecerán los centros de regeneración y de destrucción de refrigerantes.

Para la destrucción de las SAO en las plantas cementeras se está analizando conjuntamente con el Ministerio del Ambiente.

De lo anotado anteriormente, se determina que no existe todavía una política definida sobre el manejo de los refrigeradores a retirarse, sino más bien lineamientos generales que en el caso de Latacunga no se podría aplicarlo.

### **5.3.- Objetivos de la propuesta**

#### **5.3.1.- Objetivo general**

- Reducir el consumo energético en los clientes residenciales del cantón Latacunga.

#### **5.3.2.- Objetivos específicos**

- Disminuir el consumo y las emisiones de CFC a la atmósfera (al realizar la recuperación y disposición de los CFC), con el consecuente impacto sobre la capa de ozono, el calentamiento global, la salud humana y los ecosistemas.
- Realizar el aprovechamiento y valorización de residuos.

- Disminuir el consumo de energía con los impactos sociales y ambientales derivados del recambio.
- Crear conciencia en la ciudadanía sobre el consumo de energía eléctrica en refrigeración.

#### **5.4.- Alcance**

En el POGE, se plantea aplicar de manera sistemática líneas de acción tendientes a lograr un masivo cambio de los refrigeradores ineficientes, concienciar al cliente sobre eficiencia energética por un lado y por otro lado se propone procedimientos que permitan chatarrizar los electrodomésticos recuperados de manera segura para el medio ambiente.

#### **5.5.- Estructura de la propuesta**

El plan operativo consta de tres partes:

La primera corresponde a elaborar estrategias que permitan implementar el cambio de los refrigeradores obsoletos por refrigeradores eficientes en los clientes residenciales de Latacunga.

La segunda parte trata sobre la chatarrización de los refrigeradores retirados, el manejo de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAOs)

La tercera parte trata sobre los lineamientos y procedimientos para negociar los bonos de carbono

Una vez realizada la propuesta se realiza una evaluación económica del plan operativo de gestión energética (POGE) para definir el costo de su aplicación

#### **5.6.- Desarrollo de la propuesta**

Al buscar una disminución en el consumo de energía eléctrica, se puede aplicar diversas alternativas, ya que es evidente que logrando una disminución en los requerimientos de energía en los sectores que más consumen se logra un impacto

directo. Con la presente propuesta, se busca disminuir el consumo de energía eléctrica a nivel residencial.

### **5.7.- Acciones del Plan Operativo Gestión Energética**

Para llevar a cabo un POGÉ es necesario definir las acciones que se aplicarán; en general, estas estrategias son a ‘ganar-ganar’; es decir, gana el cliente al reducir su consumo por ende el costo de su planilla, gana la Empresa Eléctrica al disponer de esta potencia y energía no consumida, lo que le permite atender nuevos requerimientos, gana el país porque reduce la producción de energía y se puede servir a otros sectores con la misma infraestructura ya existente, y gana el medio ambiente porque se contamina menos.

Se puede clasificar este tipo de acciones según su inversión en dos grupos; las acciones sin costo de inversión para el cliente y las acciones que involucren inversión.

#### **5.7.1 Acciones sin inversión**

Estas acciones implican un cambio en las costumbres de los clientes y son enfocadas en las campañas de información. Se requiere un cambio en la forma de usar la energía, la primera cuestión que se debe analizar es la adecuada relación entre la energía consumida y el trabajo realizado.

En general, los clientes son motivados a ahorrar o usar energía de forma eficiente para reducir el pago en su planilla. Apagando artefactos eléctricos en desuso y utilizando eficientemente los electrodomésticos se pueden obtener mayores reducciones.

Estas acciones se las puede cumplir con un adecuado programa de información, en donde se crea el criterio y la conciencia de la población en cuanto al ahorro energético

### **5.7.2 Acciones con inversión**

Básicamente se enfocan en sustituir equipos eléctricos por otros más eficientes, lo cual requiere una inversión.

En el capítulo IV, se analiza la inversión inicial, el tiempo de recuperación y la relación beneficio – costo, determinándose la viabilidad económica para realizar este proyecto. Con este criterio se determina que las acciones del Plan Operativo de Gestión Energética son a largo plazo.

Las acciones a largo plazo se encaminan por el reemplazo de los refrigeradores obsoletos con más de diez años de funcionamiento por unidades más eficientes, se enfoca en la sustitución de equipos que estén cerca de cumplir su vida útil o en su defecto cuando se desee comprar electrodomésticos nuevos.

El principal limitante que se ha detectado en estos casos es el precio de compra ya que un aparato más eficiente tiene un costo mayor.

De acuerdo con las necesidades y tamaño de la familia, se considera el volumen del refrigerador a adquirir entre 280 y 340 litros (10 a 12 pies cúbicos), puesto que el volumen no utilizado dentro del refrigerador necesita de la misma energía que el que si tiene carga ( lleno completo).

### **5.8.- Estrategias del Plan Operativo de Gestión Energética**

Las estrategias que se plantean en el presente Plan Operativo de Gestión Energética (POGE), son fundamentalmente: información y formación mediante campañas publicitarias por los medios de comunicación masivos como lo son la radio, la televisión la prensa, la web. Incentivos y financiamiento, nueva propuesta de actuales para acceder al plan, Estrategias administrativas y medidas complementarias.

Se ha tomado el camino de fortalecer la parte informativa, por cuanto a través de la encuesta se determinaron las barreras que se muestran en el cuadro No. 5.1

Cuadro5.1: barreras generales para el cambio de refrigeradores

<b>Tipo de Barrera</b>	<b>Lista de barrera por cada tipo</b>
Informativa	Desconocimiento y falta de información de las ventajas y beneficio a de la eficiencia energética
Técnica/Tecnológica	Falta de información para comparar productos
Institucional	Resistencia al cambio
Cultural	Desconfianza hacia los productos eficientes energéticamente
Financieras	Trabas para el acceso al financiamiento

Fuente: Investigador, 2013

### **5.8.1.- Información y formación**

Estas estrategias están enfocadas a difundir información sobre el uso eficiente de la energía, crear conciencia y compromiso entre los usuarios finales.

En el ámbito de la consolidación de una cultura de eficiencia energética, es indispensable elevar el conocimiento e informar a los usuarios sobre tecnologías y buenas prácticas en refrigeración en el sector residencial, mediante acciones contundentes de comunicación y difusión.

#### **Líneas de acción propuestas**

- Desarrollar campañas publicitarias en temas de eficiencia energética, tecnologías y buenas prácticas.
- Incluir información técnica y buenas prácticas, como también normas, reglamentos e información de mercado en la prensa, vallas publicitarias y en la web de la Empresa Eléctrica.
- Realizar programas de capacitación técnica dirigida a diferentes grupos ocupacionales, y líderes comunitarios
- Promover la gestión del conocimiento de nuevas tecnologías en refrigeración

- Campañas de educación en las escuelas, colegios., universidades, convenios
- Capacitación de los técnicos que realizan mantenimiento y de los que recuperarán los refrigerantes en las empresas de reciclado.

Los actores principales en esta línea de acción son los fabricantes de refrigeradores y la Empresa Eléctrica distribuidora del servicio.

La campaña publicitaria debe estar dirigida a informar a los consumidores sobre la eficiencia energética de los refrigeradores así como la interpretación de la etiqueta de eficiencia de cada uno, algo que hasta el momento no se ha realizado, ya que las campañas van dirigidas al uso eficiente en general, y no a los ahorros por compras eficientes, al escoger un refrigerador.

Se propone que la campaña estará al aire por lo menos durante un mes por tres años, además la información estará disponible siempre en la Web.

La página web estará disponible todo el año con información necesaria para que los consumidores tomen una buena decisión de compra, ya sea en la primera compra como en el recambio. Los comerciales, en radio y en televisión, se considera que tengan una duración de un mes al año de transmisión, mientras que los puestos de información en los puntos de recambio y en la EE, estarán disponibles todo el año; estos puestos entregarán información sobre las condiciones de recambio.

La información mínima a publicar será la siguiente:

- Información sobre etiquetas de eficiencia, su significado e interpretación
- Ahorro del consumo de energía del refrigerador
- Calculo del ahorro económico por el recambio del refrigerador

En el anexo 5.1, se muestra la interpretación de una etiqueta de eficiencia energética

### **5.8.2.-- Incentivos y financiamiento**

En la actualidad el Estado está entregando un estímulo a los usuarios del sector residencial que consuman hasta 200 kWh por mes, el estímulo será complementado con un crédito directo otorgado por el Banco Nacional de Fomento para financiar la refrigeradora nueva.

El gobierno le facilita un crédito hasta 30 meses por el valor de la diferencia para reemplazarlo por una Refrigeradora nueva Clase “ A”, que podrá pagar mensualmente a través de su planilla de luz.

De la investigación realizada se ha podido determinar que los incentivos que actualmente está entregando el gobierno no son suficientes como para crear el interés suficiente en el cliente y se dé un masivo proceso de cambio de refrigeradores, ante lo cual se plantea mejorar, aplicando los siguientes incentivos:

- Los costos de los refrigeradores deben ser más bajos que los costos de mercado, manteniendo las mismas características de eficiencia
- Crédito directo y de fácil acceso
- Garantía técnica respaldada por el Estado, que sea de cumplimiento obligatorio de acuerdo a la norma y regulaciones
- Pagar un costo residual del 10 % del costo del electrodoméstico nuevo por el refrigerador entregado.
- Este valor quedaría como una primera cuota de aporte del equipo recibido.

### 5.8.3.- Requisitos para acceder al plan de recambio:

#### Requisitos actuales

- Llenar la solicitud de inscripción en la empresa eléctrica correspondiente a su ciudad o provincia.
- Tener suministro eléctrico con medidor a su nombre.
- Ser usuario cumplido en pagos durante los últimos 12 meses consecutivos.
- Tener un consumo de los 12 meses previos no superior a 200 kW-h por mes.
- Entregar el refrigerador antiguo que esté funcionando con más de 10 años de vida como parte de pago. el gobierno facilita un crédito hasta 30 meses por el valor de la diferencia para reemplazarlo por una refrigeradora nueva Clase “A”, que podrá pagar mensualmente a través de su planilla de luz.
- Tener las instalaciones eléctricas realizadas correctamente y en buen estado.

En el gráfico 5.1 se muestra el esquema del proceso de solicitud para acceder al plan.

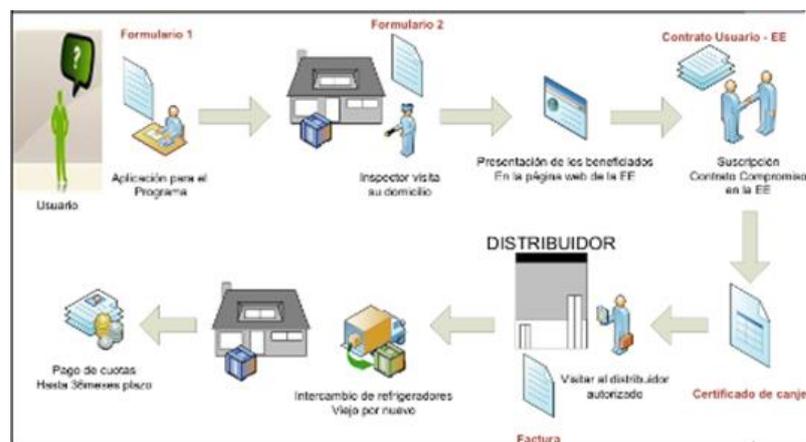


Gráfico No. 5.1: Procedimiento para la sustitución del refrigerador  
Fuente: DNNE, MEER, marzo 2011

Hay varios factores por los que los usuarios no pueden mantener sus cuentas al día durante doce meses continuos sin embargo pueden igualar sus cuotas en un solo pago y acceder al plan por lo que se propone que los requisitos sean cambiados como se muestra a continuación.

### **Requisitos propuestos**

- Llenar la solicitud de inscripción en la empresa eléctrica correspondiente a su ciudad o provincia.
- Tener suministro eléctrico con medidor a su nombre, **o un contrato de arriendo notariado**
- **Se plantea que el usuario acceda al programa únicamente estando al día en sus pagos**
- Tener un consumo de los 12 meses previos no superior a 200 kW-h por mes.
- Entregar el refrigerador antiguo que esté funcionando con más de 10 años de vida como parte de pago. el gobierno facilita un crédito hasta 30 meses por el valor de la diferencia para reemplazarlo por una refrigeradora nueva Clase “A”, que podrá pagar mensualmente a través de su planilla de luz.
- Tener las instalaciones eléctricas realizadas correctamente y en buen estado.

### **5.8.4.- Acciones Administrativas:**

Estas estrategias se basan en establecer normativas, regulaciones, certificaciones, están dirigidas a motivar y regular el plan de eficiencia energética. Dichas normativas y regulaciones existen en el país y fueron elaboradas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

El Directorio del Instituto Ecuatoriano de Normalización luego de varios considerando en la resolución No. 118-2008 resuelve:

ARTICULO 1°. Oficializar con el carácter de OBLIGATORIO el siguiente **Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 035 “Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado”**, sean de fabricación nacional o importada, que se comercialicen en la República del Ecuador.

## **1. OBJETO**

1.1 Este Reglamento Técnico Ecuatoriano establece los procedimientos y requisitos para reportar los valores de Consumo de Energía de Referencia, CER y los rangos de consumo de energía que permitan clasificar los refrigeradores, refrigeradores-congeladores y congeladores de alimentos de acuerdo a su desempeño energético. Adicionalmente especifica el contenido de la etiqueta de consumo de energía para todos los tipos de artefactos de refrigeración doméstica, a fin de prevenir los riesgos para la seguridad, la salud, el medio ambiente y prácticas que pueden inducir a error a los usuarios de la energía eléctrica

En el anexo 5.2, se muestra la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2206:2004, y en el anexo 5.3, se presenta el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 035:2009 en su totalidad para efectos de mayor información.

La existencia de normas y reglamentos emitidos por el INEN, establece los parámetros obligatorios para la fabricación con estándares de calidad, de tal manera que se garantice la eficiencia de los nuevos artefactos refrigeradores. Además el estado ecuatoriano ha adoptado la norma ISO 50001, como NTE INEN-ISO 50001:2012

Esta norma fue publicada en junio del 2011 y trata sobre Sistemas de Gestión de la Energía, y es un estándar internacional voluntario que establece un marco

para gestionar la energía en las organizaciones; la cual es aplicable a organizaciones grandes y pequeñas, tanto en los sectores público como privado, en la fabricación y servicios.

El propósito de la ISO 50001 es permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo eficiencia energética, uso, consumo e intensidad. La implementación de este estándar debería conducir a una reducción en el costo de la energía, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y otros impactos positivos en temas medioambientales, a través de una gestión sistemática de la energía, por lo que al aplicarlo en el proyecto de cambio de refrigeradores resulta positivo y favorable para el país.

La aplicación global de este estándar internacional contribuye al uso más eficiente de las fuentes energéticas disponibles, aumentando la competitividad e impactando positivamente en el cambio climático. La ISO 50001 considera todos los tipos de energía, incluyendo energía renovable, no renovable y alternativa. Requiere la identificación, priorización y registro de oportunidades para mejorar el desempeño energético, incluyendo, donde sea posible, fuentes energéticas potenciales, uso de energías renovables o alternativas.

Sin embargo, la ISO 50001 no establece requisitos absolutos para el desempeño energético más allá del compromiso en la política energética de la organización y su obligación de cumplir con los requisitos legales y de otra índole que sean aplicables. Por lo que se plantea la obligatoriedad por parte del estado el disponer de su aplicación en todos los procesos de gestión de eficiencia energética

#### **5.8.5.- Medidas complementarias:**

RTE INEN 035” Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado” y sus modificatorias estableció que a partir de marzo de 2011 se permite únicamente la comercialización de aparatos de refrigeración de rango energético A.

La resolución del Consejo de Comercio Exterior e Importaciones (COMEXI) del Ecuador No. COMEXI 595, incluye a los artefactos de refrigeración en la nómina de productos sujetos a controles previos a la importación. En los anexos 5.4 y 5.5 se presenta la RESOLUCION-58 COMEXI y la RESOLUCION-450 COMEXI

## 5.9.- Gestión de residuos (Chatarrización)

Para la Chatarrización, el Plan Renova prevé la contratación de gestores ambientales calificados para el manejo adecuado de los refrigeradores obsoletos sustituidos. Aunque el proceso no se encuentra aún desarrollado por parte del MIPRO, se ha creído conveniente tomar como punto de partida proyectos de sustitución de refrigeradores en otros países, los que han sido adaptados a la realidad ecuatoriana.

### 5.9.1.- Recolección y recepción

La etapa clave y decisiva para un sistema de reciclaje es la recolección. Un sistema de recolección eficaz depende de esquemas de recolección accesibles y eficaces para el usuario y de la divulgación de información a los usuarios de forma coherente y adecuada.

En el gráfico 5.2 se muestra el esquema general propuesto del proceso de chatarrización de los refrigeradores retirados.

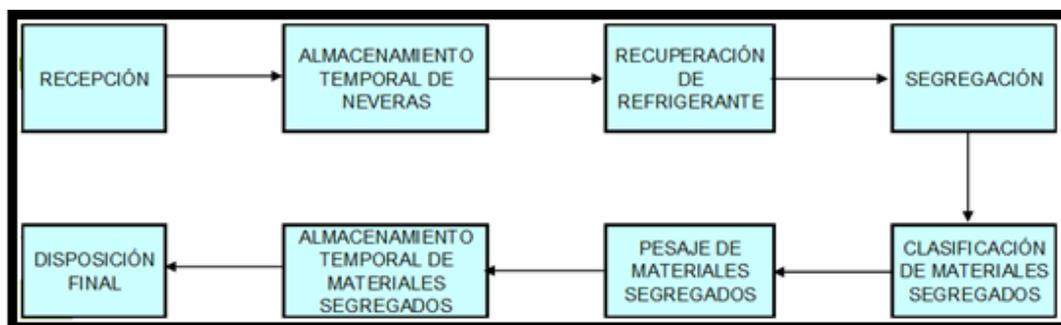


Gráfico No. 5.2: Diagrama del proceso de chatarrización de refrigeradores  
Fuente: UTO Colombia, Sao Paulo Junio 2008

En esta primera etapa recomienda tomar en cuenta las siguientes indicaciones:

- Tratar a los equipos como si fuesen nuevos, acomodándolos de tal forma que se evite que al frenado y arranque del camión se dañe el equipo y si es necesario colocar protectores para que no se golpeen, además de que deben ir sujetos para evitar golpes.
- En el caso de detectar o provocar una fuga de gas refrigerante, deberá de utilizarse una pinza pinch-off, para bloquear una parte de la tubería.
- En el caso de que alguna pieza esté flojo deberá de fijarse con cinta o cinchos de plástico.
- En el caso de presentarse una mancha de aceite, debe regar aserrín para que sea absorbido el aceite y se recoge alojándolo en una bolsa de plástico la cual se cerrará y se entregará en el centro de acopio para su adecuada disposición.

### **5.9.2.- Almacenamiento temporal**

Es necesario disponer de un sitio adecuado y seguro de tal manera que se evite el hurto de partes, lo que provocaría la fuga del refrigerante con los consiguientes daños económicos y ambientales, en el gráfico 5.3 se muestra el almacenamiento de las neveras retiradas las que se encuentran bajo cubierta y con vigilancia del personal de seguridad de la ELEPCO S.A.



Gráfico No. 5.3: Almacenamiento refrigeradores retirados  
Fuente: Propia

### **5.9.3.- Registros de entrada de los refrigeradores**

Se propone que las instalaciones de acopio cuenten con los correspondientes libros de registro sobre las entradas diarias de todos los equipos que ingresan al centro de acopio debe ser registrado a través del siguiente proceso:

- Primero identificar el equipo de acuerdo a la información llenada en la solicitud de calificación entregada por el cliente
- Acomodar y pesar
- Inventariar la piezas contenidas en el equipo
- Tomar una fotografía del electrodoméstico
- Registrar en el formulario dispuesto para el efecto
- Finalmente ubicar según el tipo de refrigerante

En el Anexo No. 5.6 se propone un formulario que permite la comprobación del cumplimiento de requisitos básicos que permita controlar el retiro adecuado de los refrigeradores.

### **5.9.4.- Despiece del equipo de refrigeración**

El propósito de esta actividad es lograr una alta tasa de recuperación de materiales que pueden ser reutilizados.

A continuación se describe los procesos del despiece más representativos del refrigerador

- Recuperación del compresor (enviar a recuperación de cobre). El gabinete enviar a desmantelamiento y destrucción.
- Recuperación de cobre: Realizar un registro de ingreso por procedencia, recuperar la tubería de interconexión - evaporador, bobinas de compresores, cobre de serpentines, cobre de cables; por último registrar la salida a almacén por tipo de material.

- Desmantelamiento: Recuperación de serpentines, recuperación de motores y ventiladores, desarmado de gabinetes.
- Enviar los metales ferrosos al almacén para venta al reciclador.
- Clasificar y enviar los metales no ferrosos al área correspondiente para proceso o venta a reciclador.
- Enviar el hule y plástico al almacén para venta a reciclador
- Enviar los cables para recuperación del cobre.

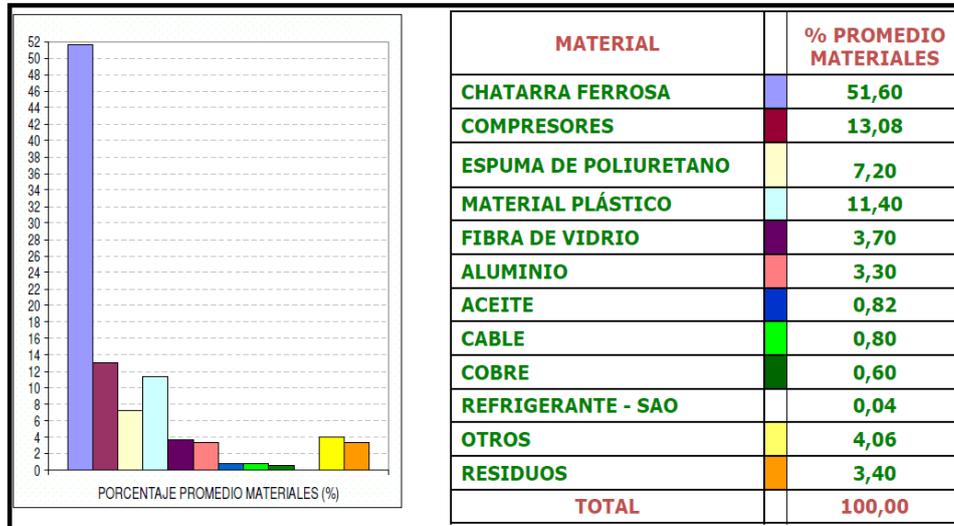
De acuerdo al proceso de chatarrización en Colombia, los refrigeradores domésticos están compuestos de los materiales que se muestran en el cuadro No. 5.2, mientras que en el cuadro No. 5.3, se presentan los porcentajes promedio del total de materiales que componen un refrigerador.

Cuadro No. 5.2: Materiales que componen un refrigerador domestico

<b>COMPONENTE</b>	<b>MATERIA PRIMA</b>
Compresor	Hierro, Cobre
Evaporador	Aluminio
Condensador	Cold rolled (laminado en frío)
Capilares y tubería	Cobre
Gabinete metálico	Cold rolled (laminado en frío)
Lámina metálica	Acero galvanizado
Tanque plástico	Poliestireno
Aislante térmico	Espuma de poliuretano, fibra de vidrio, poliestireno expandido
Cables	Cobre, aislante plástico
Refrigerante	CFC-12, HFC-134 <sup>a</sup>
Sello magnético	PVC, Ferrita(imán)
Termostato	Hierro, Cobre

Fuente: Ministerio del Ambiente, Colombia, 2011

Cuadro No. 5.3: Porcentaje de materiales del proceso de chatarrización



Fuente: LITO LTDA, Colombia 2008

De acuerdo a ecofrigo, Gestor Autorizado en México los pesos promedios de los componentes de un refrigerador se muestran en el gráfico No. 5.4,



Gráfico No. 5.4: Peso por componentes de un refrigerador doméstico  
Fuente: ecofrigo, México, 2011

Todos los refrigeradores que contengan tanto GF como HC deben someterse a una fase previa de preparación para el tratamiento o descontaminación.

Retirar manualmente las piezas sueltas del interior del frigorífico, como las bandejas de vidrio, cables y cajones, así como la goma que sella la puerta. Esto permite que estos materiales no metálicos, en su mayoría plásticos, puedan ser reciclados.

#### 5.9.5.- Extracción de gases refrigerantes y aceites de circuitos

El objetivo es extraer los gases refrigerantes del circuito de refrigeración y el aceite del compresor y separarlos posteriormente. Los gases del circuito de refrigeración suponen alrededor del 30% del contenido de gases refrigerantes del equipo. Los gases se deben condensar y almacenar en recipientes adecuados. Posteriormente, el aceite y los gases refrigerantes (GF y HC) valorar o tratar respectivamente en plantas externas y por gestores autorizados. En el gráfico 5.5 se muestra el proceso de recuperación de refrigerantes



Gráfico No. 5.5: Recuperación de refrigerante

Fuente: UTO Colombia, Sao Paulo - Junio 2008

Es necesario utilizar un equipo compacto de aspiración o sistemas de vacío y trampa de frío.

El procedimiento recomendado se detalla a continuación

- Conectar el tanque en la máquina refrigeradora para su limpieza y regenerado
- El proceso tarda de 30 a 40 minutos durante los cuales se debe monitorear la presión y temperatura de los gases refrigerantes buscando que la temperatura no rebase los 75°C pero que esté por encima de los 40 °C y respecto a la presión entre los 150 y los 170 psi.
- Posteriormente realizar un vacío interno del equipo durante 12 a 15 segundos para que se separe el aceite, agua y un residuo sólido (pelusa, polvo, tierra, óxido de tanque) por medio de gravedad.
- Una vez hecho lo anterior, estos residuos almacenar en contenedores de residuos peligrosos, después de la extracción de los residuos peligrosos se trasvasa el refrigerante regenerado a tanques de almacenamiento.
- Finalmente los tanques deben ubicarse en el área específica dentro de R12, R11 y otros o para su reutilización como es el caso del R134a, R22 entre otros.
- Al mismo tiempo llenar un formulario de agrupación de SAOs para llevar un control exacto de cada refrigerante y tanques de almacenamiento.

En el gráfico 5.6 se muestra el registro y almacenamiento de los tanques con el refrigerante recuperado.



Gráfico No. 5.6: Registro y almacenamiento del gas recuperado  
Fuente: UTO 2011, Colombia

En este proceso es importante establecer protocolos de control y garantizar su ejecución, además que los equipos que se necesitan se encuentren debidamente calibrados.

Los equipos y materiales que se requieren a lo largo de este proceso son:

- Identificador de refrigerante
- Bomba de transferencia de refrigerantes
- Kit detector de contaminación
- Sistema de regeneración de refrigerante
- Detector de fugas de halógenos
- Balanza automática programable para carga y recuperación de gases refrigerantes.
- Máquina automática de succión del sistema

Tras la extracción de la mezcla de aceite y gas refrigerante, se procederá al desmontaje del motor compresor descontaminado previamente. Esta fracción se destinará a valorización mediante gestor autorizado.

El formulario que se propone aplicar se encuentra en el anexo No. 5.7

#### **5.9.6.- Extracción de las espumas aislantes**

Los refrigeradores a los que ya fueron extraídos los gases refrigerantes y los aceites, pasan ahora a un proceso de separación de la espuma de poliuretano de las otras fracciones, como el plástico o los metales. También deben someterse a esta fase las puertas de los refrigeradores, en el caso de que éstas hayan sido desmontadas previamente o se hayan desprendido accidentalmente en las

manipulaciones anteriores. Al igual que en las fases anteriores, se deberán registrar los equipos que llegan a esta fase y los materiales, componentes y sustancias que se generen en ella (tipos y pesos). En el gráfico 5.7 se muestran las actividades de segregación de piezas y partes, con el siguiente procedimiento:

- El aislamiento puede ser de poliuretano o fibra de vidrio. El poliuretano base CFC-11 y HFC-134 se enviará a su destrucción en hornos de cementeras.
- El poliuretano base bajo de poder de calentamiento global, se enviará al almacén para procesado.
- La fibra de vidrio se enviará al almacén para procesado.



Gráfico No. 5.7: Extracción de espumas aislantes

Fuente: UTO Colombia, Sao Paulo - Junio 2008

La extracción del GF y HC requiere la trituración de todo el mueble en una cámara cerrada bajo atmósfera inerte, utilizando nitrógeno para mantener la proporción de nitrógeno que evite situaciones de explosión y que impida el escape de los gases. El proceso de extracción consta de una trituración de la matriz que libera los gases expansores que se encuentran contenidos en los poros de la espuma y que suponen entre el 70 y el 80% del contenido de GF/HC de la misma. Para liberar los restantes 20-30% de los gases expansores, contenidos en la matriz

de la espuma es necesario aplicar una desgasificación de la matriz mediante la aplicación de vacío o aumento de la temperatura de la espuma. Como alternativa a los sistemas anteriores, en algunas instalaciones de tratamiento también se utiliza, para retirar el 20-30% restante, la compresión de la espuma (paletizado o briquetado). Los gases liberados han de retenerse, (por ejemplo en filtros de carbón activo) de manera que se controle su emisión al medio ambiente y puedan ser valorizados o eliminados adecuadamente.

Con el objetivo de recuperar la espuma de poliuretano una vez descontaminada, ésta se trocea y se somete a un proceso de briqueteado, paletizado, etc, que además de extraer el gas restante, optimiza el tamaño y densidad para su almacenamiento y transporte.

#### **5.9.7.- Trituración y separación del resto de fracciones**

Las partículas trituradas de materiales ferrosos (30 mm de grosor) se separan mediante un separador magnético, se almacenan y se destinan a una planta de reciclaje.

El resto de materiales (plásticos, aluminio, cobre, espumas de poliuretano) pasan también por molinos granuladores y pulverizadores, donde se suelen reducir a partículas de granulometría de alrededor de 3 mm. No obstante esta trituración adicional de los materiales a la que se hace referencia no está implantada en todos los centros de tratamiento y en algunas instalaciones los materiales obtenidos tienen un diámetro de alrededor de 30 mm, tal como salen de la trituradora de frigoríficos.

La fracción restante del material se separa mediante separadores de corrientes de Foucault donde se separa el plástico del material metálico no magnético. En algunas instalaciones se separa el aluminio del cobre. En el gráfico 5.8 se muestra la clasificación, pesaje y almacenamiento temporal de los materiales segregados.



Gráfico No. 5.8: Clasificación, pesaje, almacenamiento temporal materiales segregados  
Fuente: UTO Colombia, Sao Paulo - Junio 2008

Los materiales resultantes del proceso de despiece, no son destinados al relleno sanitario en su totalidad sino que tienen diferentes usos como se muestra en el cuadro No. 5.4

Cuadro No. 5.4: Destino final de los materiales reciclados

<b>MATERIAL</b>	<b>DESTINO FINAL</b>
Aceite	Utilizado como materia prima en elaboración de grasas saturadas de bajo potencial
Acero	Reprocesamiento de este material para ser utilizado como materia prima
Aluminio	Elaboración de lingotes de aluminio para ser utilizado como materia prima
Chatarra de hierro	Reprocesamiento del material para ser utilizado como materia prima
Cobre	Reprocesamiento de este material para ser utilizado como materia prima
Polímeros	Reciclaje del material para utilizarse como materia prima
Poliuretano, fibra de vidrio	Destrucción
Refrigerante	Destrucción
Vidrio	Reciclaje del material para utilizarse como materia prima
Otros componentes (Desechos)	Disposición final en relleno sanitario designado

Fuente: Seminario Programa cambio refrigeradores en Brasil, Chatarrización Colombia

### 5.9.8 Destrucción de gases refrigerantes

Cuando los gases refrigerantes no pueden ser regenerados por diversas razones, como estar mezclados con otros gases, o su nivel de contaminación es muy alto o por presentar compuestos no regenerables, es necesario proceder a su almacenamiento para su posterior destrucción por un gestor de residuos peligrosos o en su defecto exportarlo a un país donde se cuente con la tecnología para su destrucción.

En Latinoamérica no se emplean equipos para la destrucción de gases refrigerantes, pero el protocolo de Montreal aprobó las siguientes tecnologías, las cuales se agrupan en tres categorías. (UTO, 2009):

1. Incineración: Reactor de craqueo, Oxidación en medio gaseoso, Inyección líquida, Horno rotatorio, Incinerador de basuras y Horno cementero.
2. Plasma: Arco de Plasma con Argón, Plasma de frecuencia de radio inductivamente acoplado, Plasma AC, Plasma con CO<sub>2</sub>, Plasma en microondas y Plasma con nitrógeno.
3. Tecnologías de no incineración (otras tecnologías):
  - Descomposición por electrones solvatados
  - Reducción química en fase gaseosa
  - Deshalogenación catalítica en fase gaseosa
  - Reactor con vapor sobrecalentado.

En el Ecuador al existir los mecanismos necesarios se recomienda la tecnología de incineración en horno, ya que en la empresa fundidora ADELCA, ubicada en el sector de Aloag perteneciente al cantón Mejía, cuenta con este tipo de horno que alcanza una temperatura de fundición de 1500 °C

## **5.10.- Mercado de Bonos de Carbono**

### **5.10.1.- Bonos de Carbono**

Se denominan bonos de carbono a las Reducciones Certificadas de Emisiones de Gases Efecto Invernadero o CERs, por su sigla en inglés Certified Emission Reductions. El CER es la unidad que corresponde a una tonelada métrica de dióxido de carbono equivalente. Los CERs se generan en la etapa de ejecución del proyecto; y se extienden una vez acreditada dicha reducción. Son créditos que se transan en el Mercado del Carbono.

Para cumplir con sus metas de reducción de emisiones, los países desarrollados pueden financiar proyectos de captura o abatimiento de estos gases en otras naciones, principalmente en vías de desarrollo, acreditando tales disminuciones como si hubiesen sido hechas en territorio propio, abaratando significativamente los costos de cumplimiento.

Esto significa que el presente proyecto disminuye sus emisiones de CO<sub>2</sub>, se puede vender esta reducción a empresas de países desarrollados que estén obligadas a bajar sus emisiones de GEI generando beneficios tanto económicos como ambientales.

### **5.10.2.- Mercado de Carbono**

El Mercado del Carbono es un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de gases efecto invernadero. Se creó a partir de la necesidad de cumplir con el Protocolo de Kyoto (PK)

Existen dos criterios dentro de este mercado:

- El primero indica que no interesa en que parte del mundo se reduzcan las emisiones de Gases Efecto Invernadero, el efecto global es el mismo. Esto permite las transacciones entre países distantes entre sí.

- El segundo criterio sostiene que, ambientalmente lo importante no es el tiempo en que se reducen sino que realmente se reduzcan; indicando así que el resultado de reducir emisiones hoy o en unos años más es el mismo.

El Mercado tiene dos tipos de transacciones que son:

- Transacciones basadas en Proyectos: Se transan reducciones cuantificables de un proyecto. Dentro de este tipo de transacciones funciona la Implementación Conjunta (IC) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)
- Comercio de Derechos de Emisión: Se transan derechos de emisión creados y asignados. Los cuales determinan un límite de emisiones para una determinada empresa o entidad. El emisor genera menos emisiones de lo permitido, dejando un margen de permisos de emisión que pueden ser vendidos a entidades, que por razones diversas, no consiguieron emitir menos del límite establecido. Estos derechos pueden ser por ejemplo, los determinados por el Sistema Europeo de Comercio de Emisiones (EU ETS), creado para cumplir las obligaciones de reducción de emisiones europeas ante P.K.

Entre los mercados activos para el intercambio de permisos o derechos de emisión de GEIS se cuenta con los siguientes

- Régimen de Comercio de Emisiones de la Unión Europea (Emissions Trading Scheme-ets)
- Sistema de Comercio de Emisiones del Reino Unido (The uk Emissions Trading System)
- Sistema de Comercio de Nueva Gales del Sur en Australia (The New South Wales Trading System)
- Chicago Climate Exchange (CCX) de Estados Unidos.
- Australia, mercado NSW GGAS

Los principales compradores de créditos de carbono en el mundo, son los países desarrollados y, los principales vendedores, Latinoamérica y Asia.

### 5.11.- Procedimiento para vender bonos de carbono

El procedimiento simplificado se detalla a continuación:

- Formular un documento de diseño de proyecto conforme a alguna metodología aprobada por el mecanismo de desarrollo limpio (MDL) del protocolo de Kioto.
- El personal de una compañía que trabaje para la Junta Ejecutiva del MDL visita, valida y certifica la reducción de emisiones.
- Posterior a este trámite la Junta Ejecutiva emite un documento que acredita los CER's (Carbon Emissions Reduction), los cuales están en toneladas de bióxido de carbono equivalente.
- Si es por protocolo de Kioto, La misma Junta Ejecutiva ayuda a colocar en el mercado esos CER's y paga la suma de todos los CER's que se venda.
- La junta ejecutiva se queda con una pequeña parte de ese ingreso, el resto es para el proyecto y sus usufructuarios.

### 5.12.- Evaluación Económica de la propuesta

#### 5.12.1.- Costos de la Campaña informativa

Los costos asociados a la publicidad se muestran en el cuadro No 5.5

Cuadro No. 5.5: Costos de publicidad

<b>Descripción</b>	<b>Costo anual (Usd)</b>
Folletos	1,500
Comerciales	7,500
Pag. Web	1,500
Letreros publicitarios	1,700
<b>Total (USD)</b>	<b>12,200</b>

Elaboración: Investigador, 2013

También se requiere de personas encargadas del tema, es decir, que trabajen en el plan de publicidad, entrega de información, así como de mantener la página web actualizada, por lo que los costos asociados a mano de obra y a gastos de oficina se detallan en el cuadro N° 5.6

Cuadro 5.6: Tabla salarial actualizada 2013

No.	Cant	Función	Horas dedicadas	Costo h/hombre	Subtotal
					Annual (Usd)
1	1	Sueldo persona encargada de mantener web actualizada	20	20	400
2	3	Sueldo encargados de publicidad y entrega información	90	20	1800
3	1	Gastos oficina			600
Total					2800

Elaboración: Investigador, 2013

El Costo Total de difusión del Plan Operativo asciende a 15.000,00 dólares

Se espera que al realizar la campaña publicitaria el traspaso de una clase energética a otra sea un poco más acelerado que el de la tendencia natural; tanto para los nuevos hogares como para aquellos ya existentes; esto debido a una mayor y mejor información que dispondrán los clientes.

### 5.12.2.- Costos del refrigerador retirado

Según Álvaro Rosado, gerente de mercadeo de Acerías del Ecuador (Adelca), la chatarra tiene un costo en el mercado estándar de entre 350 y 400 dólares la tonelada, es decir 35 centavos de dólar el kilo. Para valorar el costo de los refrigeradores retirados de funcionamiento se toma este valor.

De acuerdo al gestor de desechos calificados en México ecofrio, y como se muestra en el gráfico 5.1, el peso total promedio que tiene un refrigerador es de 111.55 Kg, por lo que el costo de chatarra de un refrigerador es de 39 dólares.

Es decir que por los 7.864 refrigeradores retirados, se recibiría la suma de 306.696 dólares.

El costo de destrucción de los refrigerantes no se toma en cuenta en la presente evaluación por cuanto, el problema ambiental es problema del estado, y es quién debe asumir dichos costos,

En el cuadro 5.7 se detalla los gastos y las recuperaciones factibles mediante la ejecución del presente proyecto

Cuadro 5.7: Gastos Totales del programa

DESCRIPCION DE LA ACTIVIDAD	COSTO/UNIT (Dólares)	COSTO TOTAL Dólares	FINANCIAMIENTO
<b>GASTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN OPERATIVO DE GESTIÓN ENERGÉTICA</b>			
COSTO DE DIFUSION DEL PROGRAMA	1	(15,000.00)	PROGRAMA
COSTO DEL DESPIECE DEL REFRIGERADOR	5	(39,320.00)	PROGRAMA
COSTO DE RECOLECCIÓN DEL RERFIGERANTE	10	(78,640.00)	PROGRAMA
COSTO DE BODEGAS	0.1	(786.40)	PROGRAMA
<b>INGRESOS QUE SE OBTIENEN POR LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN OPERATIVO DE GESTÓN ENERGÉTICA</b>			
BONOS DE CARBONO	10.71	84,585.01	PROGRAMA
VALOR RESIDUAL DEL REFRIGERADOR	39	306,696.00	PROGRAMA
SALDO A FAVOR DEL PROYECTO		<b>257,534.61</b>	

Elaborado: El Investigador, 2013

Con los valores del cuadro No. 5.7, se calcula el VAN, la TIR y la relación beneficio costo de la propuesta, y los resultados se presentan en el cuadro No. 5.8

Cuadro 5.8: Cálculos del VAN, TIR Y B/C del POGE

PROPUESTA DEL POGE		
Período	Flujo de Fondos	Vafe
0	(133,746.40)	
1	21,461.22	20,246.43
2	21,461.22	19,100.41
3	21,461.22	18,019.25
4	21,461.22	16,999.29
5	21,461.22	16,037.07
6	21,461.22	15,129.31
7	21,461.22	14,272.94
8	21,461.22	13,465.03
9	21,461.22	12,702.86
10	21,461.22	11,983.83
11	21,461.22	11,305.50
12	21,461.22	10,665.57
TOTAL FLUJOS EFECTIVO		179,927.50
INVERSION INICIAL		-133746.4
VAN		\$ 179,927.50
VAN		\$ 179,927.50
TIR		11.87%
VPNC (Val. Presen. neto)		66,467.86
B/C		2.71

Elaborado: El Investigador, 2013

## 6.- CONCLUSIONES

- La sustitución de los refrigeradores domésticos con tecnología obsoleta en los clientes residenciales de la ciudad de Latacunga, es técnica y económicamente factible, lo que se demostró con valores de la TIR de 20,18 y 21.13 para los refrigeradores de una y dos puertas respectivamente.
- Las mejoras alcanzadas en los principales elementos constitutivos de un refrigerador como son: el compresor, el condensador, el filtro secador, el elemento de control, el evaporador, conllevan a la disminución de la demanda eléctrica y a la reducción de la contaminación ambiental
- Del total de refrigeradores existente en Latacunga, el 57,23 % son aptos para ser cambiados por refrigeradores eficientes energéticamente, esta decisión implica una disminución del consumo energético de 144.186,09 kWh/mes con un ahorro de 11.534,88 dólares, y una potencia disponible de 455,73 kW.
- El beneficio social de este proyecto está dado por la disminución del costo de la planilla eléctrica, lo que anualmente representa un ahorro de \$ 111.84 con las refrigeradoras de una sola puerta y de \$130.08 con el cambio de las refrigeradoras de dos puertas. Estos valores permiten amortizar el costo de los nuevos electrodomésticos en 5 años 2 meses y 5 años 4 meses respectivamente.
- La sustitución de los refrigeradores reducirá el impacto ambiental ya que se evitará la emisión de 7.897,76 toneladas de CO<sub>2</sub> por concepto de consumo de energía, emisiones que al colocar en el mercado de bonos de carbono se recupera un valor de 84.585,01 dólares.

- La propuesta del plan operativo es viable, pues, tiene un costo de 133.746,40 dólares, pero se reporta ingresos por 391.281,01 dólares por concepto de venta de chatarra y venta de bonos de carbono. Esto queda demostrado con una TIR de 11.87 % y una relación beneficio costo de 2.71

## 7.- RECOMENDACIONES

- Una vez implementado el plan, se sugiere realizar estudios y mediciones para confirmar las bondades del proyecto, de tal manera que permitan hacer ajustes al programa, perfeccionarlo o mantenerlo en función de los resultados que se obtengan.
- De las medidas a tomar, la más razonable para el caso de Latacunga, es la de proponer una campaña bien dirigida al recambio y primera compra de refrigeradores, con el fin de que se evite heredar o comprar refrigeradores usados.
- El estado debe implementar un laboratorio que certifique el cumplimiento de las normas y los estándares de calidad y eficiencia energética propuestas por la política energética del país.
- Sobre la base del presente trabajo, es recomendable que se realicen investigaciones de los reglamentos, normas y procedimientos para certificar la NO emisión de CO<sub>2</sub>, y a la vez, colocar en el mercado de Bonos de Carbono los CERs.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Abersano Nicolas, Ticiania Temperini. Modelización y simulación de sistemas económicos, Creative Commons By-SA (2006)
- 2.- Aprea C., Mastrullo R., Renno C. Fuzzy control of the compressor speed in a refrigeration plant, International Journal of Refrigeration 27 (2004) 639-648.
- 3.- Bansal P. K., Chin T. C. Modelling and optimisation of wire-and-tube condenser, International Journal of Refrigeration 26 (2003) 601-613.
- 4.- Belman Flores Juan Manuel, Desarrollo de un modelo físico para una instalación de producción de frío por compresión de vapor utilizando el

refrigerante R134a. Validación experimental y aplicación para la simulación energética. Tesis Doctoral, Universidad Jaume I, Castellón España 2008.

- 5.- Cheng, W., Mei, B., Liu, Y., Huang, Y., Yuan, X., 2011. A novel ousehold refrigerator with shape-stabilized PCM (Phase Change Material) heat storage condensers: An experimental investigation. *Energy*, 36 (2011), p. 5797-5804.
- 6.- EMBRACO: Informativo Técnico Utilización del R 134a en sistemas herméticos de refrigeración LBP Código 903403 - febrero 1999 Revisión No. 3
- 7.- Introducción a la metodología de la investigación empírica en las ciencias, Editorial Paidotribo, Barcelona, año 2003, ISBN 84-8019-678-5
- 8.- Farid, M., Khudhair, A., Razack, S., Al-Hallaj, S., 2004. A review on phase change energy storage: materials and applications. *Energy conversion and management*, 45 (2004), p. 1597-1615.
- 9.- Gonzales Ruiz Jaime Diego, Estudio de impacto ambiental para el centro de regeneración de refrigerantes de la Universidad Pontificia Bolivariana, Tesis Maestría en Ingeniería Ambiental, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín Colombia, 2012
- 10.- Hawlader M.N.A., Chou S.K., Chua K.J., Ho J.C., Mujumdar A.S. On steady-state modeling of a two-stage evaporator system, *International Journal of Energy Research* 25 (2001) 859-880.
- 11.- Hernández, E. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. Decimoséptima edición. Ed. Limusa, S. A. México, D. F., México. 1999.

- 12.- INEN. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN 035, Eficiencia Energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado, 2009
- 13.- INEN. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2206:2004
- 14.- Koelet, P.C. Frío Industrial: fundamentos, diseño y aplicaciones, 1ª edición, A. Madrid Vicente, Ediciones, Madrid 1997.
- 15.- Lee Kwan-Soo, Lee Tae-Hee, Lee Jang-Seok, Oh Se-Yoon, Lee Myung Yul. Comparison of air-side heat transfer coefficients of several types of evaporators of household freezer/refrigerators. Digital Appliance Research Lab, LG Electronics Inc 327-23, Seoul Korea, 2002.
- 16.- Ng K.C., Chua H.T., Ong W., Lee S.S., Gordon J.M. Diagnostic and optimization of reciprocating chillers: theory and experiment. Applied Thermal Engineering, 17 (1997) 263-276.
- 17.- Özkaymak Mehmet., Kurt Huseyin, Recebli Z. Thermo-economic optimization of superheating and sub-cooling heat exchangers in vapor-compressed refrigeration system. International Journal of Energy Research 2008, 32: 634-647.
- 18.- PITA, Edward, Acondicionamiento de aire, principios y sistemas; CECSA, 1994 págs. 133-162.
- 19.- Qureshi T.Q., Tassou S.A. Variable speed capacity control in refrigeration systems, Applied Thermal Engineering, 16 (1996) 103-113.

- 20.- Ramírez Terán Arturo Emiliano, Borja Ramírez Vicente, Ramírez Reivich Alejandro C., Cobos de los Santos Rosalba. Memorias del XVIII congreso internacional anual de la SOMIM 19 al 21 de Septiembre, 2012 Salamanca, Guanajuato, México. ISBN 978-607-95309-6-9
- 21.- Rapin/Jacquard (1998). Instalaciones Frigoríficas (Tomo I Física Aplicada). Ed. MARCOMBO. ISBN 978-84-267-1091-8.
- 22.- Roy J. Dossat, "Principios de Refrigeración", 2ª edición, Continental, S.A., México, España, 1980, ISBN-968-26-0201-7.
- 23.- Roelof Timmer, Mikko Helinko, Ritva Eskola, "Eficiencia de motores", Revista técnica ABB (2007),
- 24.- Sawalha Samer. Theoretical evaluation of trans-critical CO<sub>2</sub> systems in supermarket refrigeration. Part I: modeling, simulation and optimization of two system solutions, International Journal of Refrigeration 31 (2008) 516-524.
- 25.- Selbas R., Kizilkan Ö., Sencan A. Thermoeconomic optimization of subcooled and superheated vapor compression refrigeration cycle. Energy 31 (2006) 2108-2128.
- 26.- Sheldon M. Ross. Introducción a la estadística, Editorial Reverte España. ISBN 978-84-291-5039-1
- 27.- TECUMSEH Brazil, Revista técnica fic frio junio 2012, No. 81
- 28.- Tulapurkar, C., Radhakrishnan, P., Thagamani, G., Thiyagarajan, R., 2010. Phase Change Materials for Domestic Refrigerators To Improve Food

Quality and Prolong Compressor Off Time. In, International Refrigeration and Air conditioning Conference, Purdue, U.S.A., 12-17 Julio 2010.

#### SITIOS WEB

[http://es.wikipedia.org/wiki/Valor\\_actual\\_neto](http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_neto)

<http://www.aulafacil.com/proyectos/curso/Lecc-22.htm>

<http://www.ecofrigo.com.mx/>

<http://www.TECUMSEH.com>

[http://www.miniambiente.gov.co/contenido/contenido\\_imprimir.aspx?catID=687&con](http://www.miniambiente.gov.co/contenido/contenido_imprimir.aspx?catID=687&con)

## **ANEXOS**