

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA**

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

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

PROYECTO TÉCNICO:

“MODELO DINÁMICO PARA EL ESTUDIO DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE ÍNDICES DE EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA,
CASO ECUADOR”.

AUTORES:

Hernán Patricio Morocho Campos

Jonathan Israel Ortiz González

TUTOR:

Ing. Nelson Jara Cobos, M.Sc

CUENCA – ECUADOR

Febrero – 2017

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros: Hernán Patricio Morocho Campos con CI: 0104407929 y Jonathan Israel Ortiz González con CI: 0103945143, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del proyecto técnico de grado intitulado “MODELO DINÁMICO PARA EL ESTUDIO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ÍNDICES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN REFRIGERACIÓN DOMÉSTICA, CASO ECUADOR”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente

En aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Cuenca, febrero del 2017

Morocho Campos Hernán Patricio

Ortiz González Jonathan Israel

CERTIFICACIÓN

Yo Nelson Gustavo Jara Cobos, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación “**Modelo Dinámico para el Estudio de la Implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica, Caso Ecuador**”, realizado por los estudiantes Hernán Patricio Morocho Campos y Jonathan Israel Ortiz González, obteniendo el proyecto técnico que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca. Febrero del 2017



Ing. Nelson Jara C. MSc

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros: Hernán Patricio Morocho Campos con CI: 0104407929 y Jonathan Israel Ortiz González con CI: 0103945143, autores del trabajo de titulación “**Modelo Dinámico para el Estudio de la Implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica, Caso Ecuador**”, certificamos que el total contenido del proyecto técnico es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca. Febrero del 2017



Morocho Campos Hernán Patricio



Ortiz González Jonathan Israel

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecer a mi Poder Superior, quien con su mano protectora siempre ha guiado mi vida. Su infinita gracia ha sido la que me ha traído hasta este momento de inmensa alegría.

A mi familia, por su amor, paciencia y comprensión, pero sobre todo por la orientación a través de toda mi existencia.

A nuestro tutor, Ingeniero Nelson Jara, por su orientación y por haber compartido sus conocimientos durante la realización de este trabajo.

Un agradecimiento muy grande y especial a todos los amigos y compañeros de aula que han compartido su tiempo y han hecho de este espacio, un lugar lleno de alegrías.

Muchas gracias a todos.

Hernán

Agradecimientos

A mis padres, gracias Marina, Pilar y Ángel por sus palabras y orientación a lo largo de mi vida.

A nuestro tutor, Ingeniero Nelson Jara, por sus tutorías y consejos para concluir con nuestra tesis.

A toda mi familia por sus palabras de aliento.

A mis compañeros y amigos de aula como David Montero, Sebastián Peralta, Marcos Arias, Vinicio Astudillo, Carlos Zhigüe, Tito Muñoz, Fernando Serrano, Guido Quintuña, César Paltán, Josué Montesdeoca, David Pesantez, Andrés Cedillo, Adrián Delgado a todos ellos mil gracias por los momentos de alegría que durante este periodo me dieron la oportunidad de conocerlos y compartir ideas.

Jonathan

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico a:

Mis padres y hermanos, quienes, con su fortaleza nunca me dejaron (ni me dejarán) rendir. Para ellos, todo el cariño del mundo.

Mi abuela querida: Amada Mercedes. La mujer que siempre me mostró como se debe amar.

Mis amigos que siempre estuvieron ahí, empujándome y dándome una mano cada vez que los necesitaba.

A un ser humano muy especial que desde los primeros años de colegio siempre destacó con su amistad y ejemplo: Efrén, el hermano mayor que nunca tuve.

A la más pequeña de todos, Dania Soledad, la hermana y la esperanza que la vida me regaló.

Hernán

Dedicatoria

El presente trabajo lo dedico a:

A mis padres, gracias Marina, Pilar y Ángel por sus ejemplos, apoyo y paciencia.

A mis hermanos Oscar, Fabián y Alejandro por estar siempre presentes para ayudarme y consolarme en los momentos difíciles.

Jonathan

Resumen

El presente documento tiene como objetivo principal desarrollar un modelo de simulación de Dinámica de Sistemas que nos permitirá estudiar el comportamiento de la implementación de índices de eficiencia en refrigeradores domésticos hasta el año 2050. El desarrollo de este modelo tendrá como sustento la normativa nacional, la misma con la que la industria se sujeta para la construcción de estos equipos.

En nuestro país la no existencia de planes o políticas de control para una adecuada utilización de los equipos de refrigeración a nivel residencial, ha ido complicando el panorama, presentando así, una realidad altamente preocupante, esto, debido a que un gran porcentaje de hogares exhibe en sus dominios refrigeradores domésticos con más de 15 años de operación, los mismos que se encuentran consumiendo valores alarmantes que superan el 60% del consumo eléctrico total del hogar.

El estudio que se pretende realizar, apoyará para establecer procedimientos que lleven al cálculo de los índices mínimos de eficiencia energética, necesarios para motivar la mejora de la producción nacional mediante la incorporación de propuestas tecnológicas, que lleven a los equipos a consumos eficientes y por otro lado en el tema de las importaciones, también a propender al control del ingreso al país de electrodomésticos eficientes.

Mediante la metodología de la Dinámica de Sistemas se desarrollará un modelo de simulación que contengan todas las variables involucradas a fin de poder evaluar los índices de eficiencia energética pertinentes a una realidad específica.

Si bien es cierto, el objetivo del presente trabajo girará en torno al consumo energético de un refrigerador doméstico y la influencia causada por la aplicación de índices de eficiencia en la economía de los hogares, no evitaremos hablar del consumo energético a nivel nacional e internacional, centrándonos en algunas razones, como: el incremento del consumo de energía, la constante búsqueda de alternativas a un sistema económico mundial basado en combustibles fósiles y la preocupación por el medio ambiente, que han motivado a los gobiernos de los diferentes países de Latinoamérica a trabajar en programas de eficiencia energética, sin descuidar claro, satisfacer las necesidades de sus pobladores.

Abstract

The main objective of this document is to develop a simulation model of System Dynamics that will allow us to study the behavior of the implementation of efficiency indices in domestic refrigerators until 2050. The development of this model will be based on national regulations, Same with which the industry is subject for the construction of these equipment.

In our country, the lack of control plans or policies for the proper use of refrigeration equipment at the residential level has complicated the outlook, thus presenting a highly worrisome reality, since a large percentage of households exhibit In their domestic refrigerators domains with more than 15 years of operation, the same ones that are consuming alarming values that exceed 60% of the total electrical consumption of the home.

The study is intended to support the establishment of procedures that lead to the calculation of the minimum energy efficiency indices necessary to motivate the improvement of the national production through the incorporation of technological proposals that will lead the equipment to efficient consumption and, on the other Side on the issue of imports, also to promote the control of the entry of efficient appliances into the country.

Through the methodology of the Systems Dynamics will develop a simulation model containing all the variables involved in order to be able to evaluate the energy efficiency indices relevant to a specific reality.

Although it is true that the objective of this paper will revolve around the energy consumption of a domestic refrigerator and the influence caused by the application of efficiency indices in the household economy, we will not avoid talking about energy consumption at national and international level, Focusing on some reasons, such as increased energy consumption, the constant search for alternatives to a global economic system based on fossil fuels and concern for the environment, which have motivated the governments of the different Latin American countries to work In energy efficiency programs, without neglecting clearly, to satisfy the needs of its inhabitants.

Índice de Contenido

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR | II |
| CERTIFICACIÓN | III |
| DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD..... | IV |
| Agradecimientos | V |
| Agradecimientos | VI |
| Dedicatoria..... | VII |
| Dedicatoria..... | VIII |
| Resumen..... | IX |
| Abstract | X |
| Modelo dinámico para el estudio de la implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica, caso Ecuador | 17 |
| 1 Introducción | 17 |
| 1.1 Problema de Investigación | 18 |
| 1.1.1 Problema General..... | 18 |
| 1.1.2 Problemas Específicos..... | 19 |
| 1.2 Objetivos | 19 |
| 1.2.1 Objetivos General..... | 19 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos:..... | 19 |
| 2. Marco Teórico Referencial..... | 20 |
| 2.1 Políticas de Eficiencia Energética implementadas en países de Latinoamérica..... | 20 |
| 2.1.1 Programas de Eficiencia Energética en Latinoamérica | 20 |
| 2.1.2 Programas de Eficiencia Energética en Argentina..... | 21 |
| 2.1.1.1 Políticas de implementación en el corto plazo: | 21 |
| 2.1.1.2 Políticas de implementación en el mediano y largo plazo | 21 |
| 2.1.1.3 Penetración de equipamiento y electrodomésticos eficientes..... | 23 |
| 2.1.3 Programas de Eficiencia Energética en el Estado Plurinacional de Bolivia..... | 24 |
| 2.1.4 Programas de Eficiencia Energética en Brasil..... | 25 |
| 2.1.5 Programas de Eficiencia Energética en Chile | 29 |
| 2.1.6 Programas de Eficiencia Energética en Colombia | 32 |
| 2.1.7 Programas de Eficiencia Energética en Ecuador..... | 35 |
| 2.1.8 Programas de Eficiencia Energética en México..... | 37 |
| 2.1.9 Programas de Eficiencia Energética en Paraguay | 40 |
| 2.1.10 Programas de Eficiencia Energética en Perú..... | 42 |
| 2.1.11 Programas de Eficiencia Energética en Uruguay | 44 |

| | | |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.12 | Programas de Eficiencia Energética en la República Bolivariana de Venezuela | 45 |
| 2.2 | Índices de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos Implementados en varios países de Latinoamérica | 47 |
| 2.2.1 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en Latinoamérica..... | 47 |
| 2.2.2 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradoras Domésticas en Argentina. | 49 |
| 2.2.3 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en Brasil | 52 |
| 2.2.4 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en Chile. | 55 |
| 2.2.5 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradoras Domésticas en Colombia. | 57 |
| 2.2.6 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en el Ecuador. | 60 |
| 2.2.7 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en España | 62 |
| 2.2.8 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en México | 64 |
| 2.2.9 | Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en Perú .. | 66 |
| 2.3 | Análisis comparativo de los Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica. | 68 |
| 2.3.1 | Normas técnicas nacionales e internacionales para Artefactos de Refrigeración Doméstica..... | 68 |
| 2.3.2 | Organismos Internacionales para los Procedimientos de prueba en Refrigeradores Domésticos..... | 68 |
| 2.3.3 | Procedimientos de prueba en Refrigeradores Domésticos utilizados en países Latinoamericanos | 69 |
| 2.3.4 | Análisis comparativo de los procedimientos de pruebas internacionales..... | 75 |
| 2.3.5 | Etiqueta Energética | 79 |
| 2.3.6 | Estándares de Eficiencia Energética para Refrigeradores y Congeladores de uso Doméstico. | 81 |
| 2.4 | Modelo de Simulación: Variables, Diagramas Causales y datos para Construir el Modelo | 86 |
| 2.4.1 | Introducción a la Dinámica de Sistemas | 86 |
| 2.4.1.1 | Diagrama Causal de Lazo..... | 86 |
| 2.4.1.2 | Diagramas de Niveles y Flujo | 87 |
| 2.4.1.3 | Propiedades de la Dinámica de Sistemas | 87 |
| 2.4.1.4 | Modelización de Variables Soft | 89 |
| 2.4.1.5 | Experimentación..... | 90 |
| 2.4.1.6 | Evaluación del modelo | 90 |
| 2.4.1.7 | Validación del modelo | 91 |

| | | |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.4.1.8 | Análisis del modelo..... | 91 |
| 2.4.2 | Índices de Eficiencia Energética en Refrigeradores Domésticos | 91 |
| 2.4.3 | Variables del Modelo | 98 |
| 2.4.3.1 | Variables demográficas | 98 |
| 2.4.3.2 | Variables de Pisos Térmicos | 101 |
| 2.4.3.3 | Variables de Porcentaje de Penetración de Refrigeradores Domésticos en Ecuador | 102 |
| 2.4.4 | Diagramas causales | 105 |
| 2.4.4.1 | Diagrama causal de los Índices de Eficiencia Energética en refrigeradores domésticos | 105 |
| 2.4.4.2 | Diagrama causal del Porcentaje de refrigeradores según sus años de funcionamiento..... | 105 |
| 3. | Marco Metodológico..... | 107 |
| 3.1 | Propuesta de Solución | 107 |
| 3.2 | Metodología | 107 |
| 3.2.1 | Nivel de investigación..... | 107 |
| 3.2.2 | Diseño de la investigación..... | 107 |
| 3.2.3 | Los instrumentos de recolección de información..... | 108 |
| 3.2.4 | Fases metodológicas..... | 108 |
| 4. | Resultados Obtenidos..... | 109 |
| 4.1 | Resultados de la simulación | 109 |
| 4.2 | Análisis de Resultados Bajo Escenarios..... | 114 |
| 5. | Conclusiones..... | 120 |
| 6. | Recomendaciones..... | 122 |
| 7. | Referencias bibliográficas..... | 123 |

Índice de tablas

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 2.1 Evolución del consumo de energía (Tcal)..... | 30 |
| Tabla 2.2 Ahorros estimados para el año 2020 | 32 |
| Tabla 2.3 Potenciales de ahorro de energía eléctrica a 2015 estimados por la UPME | 35 |
| Tabla 2. 4 Normativa establecida en Perú..... | 43 |
| Tabla 2.5 Proyección para el consumo de energía eléctrica de refrigeradores domésticos..... | 50 |
| Tabla 2.6 Estándares mínimos de eficiencia energética en refrigeradores y congeladores | 50 |
| Tabla 2.7 Valores mínimos de Índices de Eficiencia en refrigeradores y congeladores | 54 |
| Tabla 2.8 Valores mínimos de Índices de Eficiencia en refrigeradores y congeladores | 54 |
| Tabla 2.9 Etiquetados por año | 55 |
| Tabla 2.10 Rangos indicadores de eficiencia energética para refrigeradores y congeladores..... | 59 |
| Tabla 2.11 Rangos indicadores de eficiencia energética para refrigeradores y congeladores exigibles tres años después de entrada en vigencia del RETIQ | 60 |
| Tabla 2.12 Clase de eficiencia energética | 61 |
| Tabla 2.13 Comparativa de clases de eficiencia energética frigoríficos | 63 |
| Tabla 2.14 Implementación estándares mínimos eficiencia energética por país y año | 70 |
| Tabla 2.15 Límites de consumo energético en Unión Europea para refrigeradores..... | 70 |
| Tabla 2.16 Nuevos límites etiqueta de eficiencia energética en refrigeradores | 70 |
| Tabla 2.17 Niveles máximos de consumo (C/Cp)..... | 71 |
| Tabla 2.18 Rango de eficiencia energética..... | 72 |
| Tabla 2.19 Temperaturas ambiente para las clases de clima..... | 73 |
| Tabla 2.20 Tabla Clase de eficiencia energética | 74 |
| Tabla 2.21 Tabla Clases de eficiencia energética..... | 75 |
| Tabla 2.22 Resumen de los requisitos de los procedimientos de pruebas internacionales..... | 76 |
| Tabla 2.23 Resumen de los requisitos de los procedimientos de pruebas internacionales..... | 77 |
| Tabla 2.24 Resumen de los requisitos de los procedimientos de pruebas internacionales..... | 78 |
| Tabla 2.25 Resumen de los programas de etiquetado y MEPS alrededor del mundo | 80 |
| Tabla 2.26 Resumen de los programas de etiquetado y MEPS alrededor del mundo | 80 |
| Tabla 2.27 Estándares de Eficiencia Energética para Refrigeradores y Congeladores de uso Doméstico. | 82 |
| Tabla 2.28 Tipos de artefactos de refrigeración domésticos | 93 |
| Tabla 2.29 Características de Refrigeradores | 94 |
| Tabla 2.30 Refrigerador sin escarcha Congelador superior | 96 |
| Tabla 2.31 Consumo de Energía de Referencia | 96 |
| Tabla 2. 32 Refrigerador sin escarcha Congelador superior | 97 |
| Tabla 2.33 Consumo de Energía de Referencia | 97 |
| Tabla 2. 34 Población ecuatoriana 2010 – 2050. | 98 |
| Tabla 2.35 Población ecuatoriana 2010 – 2050 | 98 |
| Tabla 2. 36 Número de habitantes por provincia. | 99 |
| Tabla 2. 37 Promedio de personas por hogar en Ecuador periodo 1982 - 2050..... | 100 |
| Tabla 2. 38 Piso térmico del Ecuador | 102 |
| Tabla 2.39 Factor de penetración de refrigeradores en Ecuador periodo 2010 – 2050..... | 103 |
| Tabla 2.40 Factor de penetración de refrigeradores en Ecuador periodo 2010 - 2050..... | 103 |
| Tabla 2.41 Número de refrigeradores por piso Térmico. | 103 |

Índice de Figuras

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 2.1 Políticas de EE, 1984 – 2011 | 26 |
| Figura 2.2 Cronología de las últimas políticas de eficiencia energética promulgadas, 2006-2011 | 29 |
| Figura 2.3 Consumo energético en Chile | 30 |
| Figura 2.4 Etiqueta de Eficiencia Energética | 31 |
| Figura 2.5 Consumo final de energía en Colombia al 2012 | 33 |
| Figura 2.6 Objetivos de la ley N° 27345 | 43 |
| Figura 2.7 Consumo energético de refrigeradoras en Estados Unidos a través del tiempo..... | 48 |
| Figura 2.8 Efecto del programa de etiquetado en la Unión Europea para refrigeradores y congeladores..... | 48 |
| Figura 2.9 Entorno global eficiencia energética en refrigeradores..... | 49 |
| Figura 2.10 Etiquetado de eficiencia energética para aparatos de refrigeración de uso doméstico | 50 |
| Figura 2.11 Clase de eficiencia energética | 51 |
| Figura 2.12 Resultados del Etiquetado de EE en Refrigeradores..... | 51 |
| Figura 2.13 Consumo energético unitario para refrigeradoras..... | 52 |
| Figura 2.14 Etiqueta utilizada en nevera..... | 53 |
| Figura 2.15 Sello PORCEL en refrigeradores..... | 53 |
| Figura 2.16 Distribución porcentual por usos finales de Consumo de Electricidad. | 54 |
| Figura 2.17 Reducción en consumo eléctrico con sello PORCEL..... | 55 |
| Figura 2.18 Consumo Energético..... | 56 |
| Figura 2.19 Etiqueta de Eficiencia Energética de Refrigerador de acuerdo a normas NCh..... | 57 |
| Figura 2.20 Etiqueta de eficiencia energética | 57 |
| Figura 2.21 Etiquetado de Refrigeradores domésticos..... | 59 |
| Figura 2.22 Etiquetado de refrigeración doméstico | 61 |
| Figura 2.23 Etiquetado de refrigeración doméstico | 62 |
| Figura 2.24 Niveles de Eficiencia Energética | 63 |
| Figura 2.25 Parte estándar de la etiqueta energética | 64 |
| Figura 2.26 Consumo de electricidad por aparato..... | 65 |
| Figura 2.27 Etiqueta en un Refrigerador doméstico..... | 66 |
| Figura 2.28 Etiqueta utilizada en Perú | 67 |
| Figura 2.29 Relación de influencia positiva..... | 87 |
| Figura 2.30 Relación de influencia negativa | 87 |
| Figura 2.31 Organización de las variables de Nivel y Flujo en un diagrama..... | 87 |
| Figura 2.32 Respuestas explosiva [a] y depresiva [b] de los bucles de realimentación positiva. 88 | |
| Figura 2.33 Respuesta estabilizadora de los bucles de realimentación negativa..... | 88 |
| Figura 2.34 Problemas de la modelización de Variables Soft..... | 90 |
| Figura 2.35 Habitantes del Ecuador periodo 2010 – 2050 | 99 |
| Figura 2.36 Número de hogares periodo 2010 – 2050 | 100 |
| Figura 2.37 Número de personas por hogar periodo 2010 – 2050 | 101 |
| Figura 2.38 Ubicación Del Ecuador | 101 |
| Figura 2.39 Evolución de la penetración de refrigeradores en el Ecuador..... | 103 |
| Figura 2.40 Número de refrigeradores periodo 2010 – 2050 | 104 |
| Figura 2.41 Diagrama causal de los Índices de Eficiencia Energética en refrigeradores domésticos..... | 106 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 2.42 Diagrama causal del Porcentaje de refrigeradores según sus años de funcionamiento..... | 106 |
| Figura 4.1 Evolución de la penetración de refrigeradores en el Ecuador..... | 109 |
| Figura 4.2 Población del Ecuador 2010-2050..... | 110 |
| Figura 4.3 Proyección del total de hogares en el Ecuador..... | 110 |
| Figura 4.4 Demanda de refrigeradores/ congeladores por hogares nuevos formados..... | 111 |
| Figura 4. 5 Refrigerador de 1 a 10 años..... | 111 |
| Figura 4.6 Refrigerador de 11 a 20 años..... | 112 |
| Figura 4.7 Refrigerador de 21 a 30 años..... | 112 |
| Figura 4.8 Refrigerador de Chatarrización..... | 113 |
| Figura 4. 9 Consumo Real del Refrigerador en GWh/año..... | 113 |
| Figura 4.10 Consumo de Referencia del Refrigerador en GWh/año..... | 114 |
| Figura 4.11 Índice de Eficiencia Energética de un refrigerador. Valor Adimensional . | 114 |
| Figura 4.12 Consumo energético: Escenario actual vs Escenario 1. GWh/año..... | 115 |
| Figura 4.13 Consumo de Referencia del Refrigerador. GWh/año. | 115 |
| Figura 7.14 Índice de Eficiencia Energética de un refrigerador: Valor Adimensional. escenario actual vs escenario 1..... | 116 |
| Figura 4.15 Consumo energético en GWh/año: Escenario actual vs Escenario 1 vs Escenario 2. | 116 |
| Figura 4.16 Consumo de Referencia del Refrigerador en GWh/año. Fuente autores. | 117 |
| Figura 4.17 Índice de Eficiencia Energética de un refrigerador Valor adimensional. | 117 |
| Figura 4.18 Consumo energético en GWh/año: Escenario actual vs Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3. | 118 |
| Figura 4.19 Consumo de Referencia del Refrigerador en GWh/año. Fuente autores. | 118 |
| Figura 4.20 Índice de Eficiencia Energética de un refrigerador. Valor adimensional. . | 118 |

Modelo dinámico para el estudio de la implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica, caso Ecuador

1 Introducción

El crecimiento de la economía de los países, depende en gran medida de las posibilidades de explotación de los recursos naturales que posee, ya que para su aprovechamiento requiere de procesos que demandan mucha energía, por ese motivo el acceso a esta energía se vuelve un factor preponderante, al punto de afirmar que sin él sería imposible llevar a cabo proyectos y actividades productivas que sustenten la economía de los pueblos.

El crecimiento poblacional de las naciones, en distintos casos es directamente proporcional al crecimiento de la demanda energética, situación que ha puesto en manifiesto la preocupación de varios gobiernos en Latinoamérica. Si bien es cierto y como ya se menciona en el párrafo anterior, el desarrollo económico está estrechamente ligado al consumo energético, también las pérdidas energéticas por distintos conceptos están ligadas a este desarrollo; es por esto que el concepto que se está manejando en la actualidad es conseguir mejoras en la eficiencia energética de los proyectos de generación para lograr el abastecimiento a esa demanda creciente sin tener la necesidad de incrementar la capacidad de generación, a más de tratar de disminuir las pérdidas técnicas y no técnicas en las plantas de generación y para obtener mejores resultados se impulsan planes y programas identificados en políticas de eficiencia energética, que incluyen planes educacionales dirigidos a la población para mejorar el uso de equipos y electrodomésticos con criterios de mínimo consumo energético, selección adecuada de equipos eficientes, renovación, adopción de índices de eficiencia energética, etc.

En Latinoamérica y el Caribe, la Organización Latinoamericana de Energía OLADE, señala que, el ahorro acumulado de energía como resultado de la introducción de medidas de eficiencia energética relativamente blandas abarcarían entre el 3 y 5%, cifras relevantes, considerando que abarcaría todos o la gran mayoría de los sectores de consumo energético, esto, sin afectar los servicios de los mismos. [1]

Así mismo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2014), afirma que la introducción de estándares de eficiencia energética en todos los países de la región y la transición a mejores tecnologías en el mercado de frigoríficos y otros equipos electrodomésticos en el sector residencial podría resultar en ahorros energéticos anuales muy satisfactorios y la aplicación de estos estándares entre el 2015 y 2030, podrán evitar entre 2,5 y 3,3 gigatoneladas de CO₂ anualmente[2]

Por la importancia que representa establecer estas políticas de eficiencia energética en la realidad de un país y sobre todo la ejecución de estándares de eficiencia energética, es que se estableció la elaboración de este trabajo, para así aportar a la comunidad universitaria un modelo dinámico que nos apoye con proyecciones y datos requeridos

para la implementación de índices de eficiencia energética en refrigeradores domésticos en el Ecuador.

Según otro organismo, como es, la Alianza Global de Productos y Equipos Eficientes en América Latina y el Caribe, si todos los países de la región trabajaran con la implementación de normas de eficiencia energética en equipos de refrigeración, como son: refrigeradores, aparatos de aire acondicionado y ventiladores de techo, 140 TWh podrían ser ahorrados cada año. Esto representaría a su vez el 11% del consumo eléctrico de la región y 20 mil millones de dólares estadounidenses en reducción de facturas de electricidad [3].

Es preciso mencionar que el consumo energético de un refrigerador domestico es elevado y la cifra como la que manejan Hermes y Melo no debería superar los 30 kWh/mes [4]; sin embargo, se ha verificado según datos estadísticos la posesión de refrigeradores domésticos fabricados antes de 1996, cuyos consumos energéticos llegan a ser un verdadero problema para el bolsillo del consumidor. Según las estadísticas estos equipos podrían llegar a consumir cantidades preocupantes, dependiendo de la capacidad, vida útil, estado y piso térmico en el que se encuentre funcionando, un verdadero problema si se dispone de otros equipos de consumo considerable.

El propósito de esta investigación es “realizar un modelo dinámico para el estudio de la implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica, caso Ecuador”, que apoyará para establecer procedimientos que lleven al cálculo de los índices mínimos de eficiencia energética. Para lograr este objetivo se realizará una revisión de literatura que permita identificar las políticas de eficiencia energética empleadas a nivel nacional e internacional, luego se realizará una comparación de normativas empleadas en algunos países de Latinoamérica y de más regiones que han venido trabajando con estas medidas para disminuir el consumo energético en refrigeradores domésticos.

La importancia de esta investigación radica en que se está abordando un tema que no ha sido de interés en ningún sector de la población y aun siendo un tema muy importante para la economía de los hogares ha pasado desapercibido.

1.1 Problema de Investigación

1.1.1 Problema General

Durante los últimos años, el sector residencial en el Ecuador ha ocupado el tercer lugar en consumo de energía; después del sector transporte y sector industrial. El consumo de energía en este sector se da principalmente por el uso de la energía eléctrica en electrodomésticos. En el país, la gran parte de hogares tienden a prolongar la vida útil de los electrodomésticos lo que conlleva a un consumo ineficiente de los mismos, es decir, el funcionamiento de los equipos por periodos más largos de los que fueron diseñados genera un retardo prolongado en los ahorros en consumo energético.

Se sabe que un equipo de refrigeración domestico no debería superar el 25% del consumo de energía eléctrica en hogares con consumos de hasta 120 kWh/mes [4]; sin embargo y como se menciona en el párrafo anterior la prolongación de la vida útil de estos equipos

ha llegado a presentar consumos de hasta 100 kWh/mes [5] y en casos preocupantes hasta más, dependiendo del uso que se le dé al mismo.

1.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo afecta en el consumo de energía eléctrica del hogar el uso de un refrigerador doméstico, considerando el piso térmico y la vida útil en la que se encuentre?
- ¿Cuáles son las variables involucradas en la determinación de índices de eficiencia energética adecuados a una realidad específica para refrigeradores domésticos?
- ¿Cómo impactaría en el ahorro energético de un país, la implementación de índices de eficiencia energética?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos General

- Realizar un Modelo dinámico para el estudio de la implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica, caso Ecuador.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Analizar las políticas de eficiencia energética implementadas en algunos países de Latinoamérica como México, Chile, Colombia, Ecuador, etc.
- Identificar los índices de eficiencia energética para refrigeradores domésticos que están siendo aplicados por varios países de Latinoamérica y las metodologías utilizadas para la obtención.
- Establecer un análisis comparativo de los índices de eficiencia energética en refrigeración doméstica en Latinoamérica.
- Establecer las variables y construir diagramas causales, en base a los datos, valores e información histórica de cada una de las variables.
- Construir el modelo mediante el uso del software Ven Sim PLE y validarlo a través de escenarios.

2. Marco Teórico Referencial

2.1 Políticas de Eficiencia Energética implementadas en países de Latinoamérica

En este capítulo se establece un estudio general de las políticas de eficiencia energética implementadas en países de Latinoamérica como estrategias para el desarrollo económico sustentable. De esta manera se da cumplimiento a uno de los objetivos específicos planteados: “Analizar las políticas de eficiencia energética implementadas en algunos países de Latinoamérica como México, Chile, Colombia, Ecuador, etc.”

2.1.1 Programas de Eficiencia Energética en Latinoamérica

Varias han sido las razones que han motivado a los gobiernos de los países de Latinoamérica a trabajar en programas de eficiencia energética. El incremento del consumo de energía, la constante búsqueda de alternativas a un sistema económico mundial basado en combustibles fósiles y la preocupación por el medio ambiente, han sido tres de las causas que han llevado a estos a elaborar planes y políticas de eficiencia energética, que sin duda, han sido y seguirán siendo asuntos de interés para todos los gobiernos de turno a nivel mundial.

Está demostrado que la implementación de estos programas es la alternativa más efectiva disponible en el corto plazo, generando múltiples beneficios que sin duda deben ser considerados prioritarios. En efecto, la aplicación de políticas que contribuyan con el trabajo eficiente de la energía puede contribuir al alivio a la pobreza, disminución de impactos negativos en salud y ambiente, mejora de la seguridad energética, creación de empleos y oportunidades económicas e incluso, incrementar la flexibilidad en la selección de opciones de abastecimiento energético [5].

Así mismo fuentes de análisis como la Agencia Internacional de la Energía IEA, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo EBRD, Latina América y el Caribe LAC y Países del norte de África y Oriente Medio MENA [6] presentan algunos aspectos como motivadores que han impulsado a los gobiernos a implementar estrategias que lleven a conseguir eficiencia energética. Siendo la seguridad energética el factor principal que ha incidido para que la eficiencia energética sea considerada en los planes de gobierno de muchos países.

Siguiendo el mismo eje enfocado en la Eficiencia Energética en Latinoamérica sería adecuado mencionar a la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), surgida en la crisis energética mundial a inicios de los años 70's por sectores gubernamentales y no gubernamentales motivados a involucrarse en el ámbito energético mundial [7] y posteriormente constituida el 2 de noviembre de 1973, como la precursora de programas de eficiencia energética y cuyo propósito fundamental es contribuir al desarrollo económico de Latinoamérica y El Caribe [8].

Los países que conforman América Latina y el Caribe se ven obligados a tomar medidas para satisfacer las necesidades que surgirán en cada uno de sus territorios, debido al evidente incremento energético que se dará en los próximos años. Se sabe que cada uno de estos países, requerirán aproximadamente 40% más de energía en los próximos 5 años, lo que generaría gastos considerables si no se toma en cuenta la implementación de planes y políticas de eficiencia energética.

2.1.2 Programas de Eficiencia Energética en Argentina

La República Argentina a través de la Secretaria de Energía se encuentra desarrollando un proyecto de eficiencia energética, que cuenta con el apoyo de recursos y una donación del Fondo para el Medioambiente Mundial (FMAM) por un monto de 15.155 millones de dólares, otorgados a través del Banco Mundial. La mencionada donación fue aprobada mediante el Decreto N° 1253/09, publicado en el Boletín Oficial el 17 de septiembre de 2009. [9]

Argentina al ser el cuarto mayor consumidor de energía en América Latina se ve obligado a trabajar con planes y políticas de eficiencia energética que incrementen la eficiencia en el uso de la energía, de esta manera posibilitar a la reducción de los costos de la misma en los consumidores y sobretodo contribuir a la sustentabilidad a largo plazo del sector energético del país.

En diciembre de 2007, el Gobierno lanzó el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía: PRONUREE, mediante el Decreto 140/2007 [10], declaró de interés nacional el uso racional y eficiente de la energía, que también forma parte de la estrategia del sector energético para contrarrestar el desequilibrio de corto plazo entre oferta y demanda.

A continuación, se resumen las principales políticas establecidas en el decreto antes mencionado.

2.1.1.1 Políticas de implementación en el corto plazo:

- Campañas masivas de educación, concientización e información a la población en general para establecer pautas de consumo prudente de energía.
- Sustitución masiva de lámparas incandescentes por lámparas de bajo consumo
- Disponer de etiquetas de eficiencia energética en equipos consumidores de energía. [11]

2.1.1.2 Políticas de implementación en el mediano y largo plazo

Sector de la Industria

Dentro de este sector lo que se busca es establecer de manera conjunta con las empresas proveedoras de servicios energéticos y de más, programas de gestión que permitan desarrollar indicadores energéticos y mejoras de los mismos, de tal

forma que este sector al ser el de más consumo energético contribuya al desarrollo de un mercado de eficiencia energética [11]

Sector del Comercio y Servicios

- a. Desarrollar un Programa dedicado específicamente a este sector que abarca oficinas, hoteles, restaurantes, supermercado y otros, con el fin de mejorar tanto la incorporación de medidas de eficiencia como por hábitos de consumo.
- b. Así mismo colaborar en la formulación y revisión de normativa de construcción de edificios que contemplen aspectos de eficiencia energética [11].

Sector de la Educación

- a. Iniciar las gestiones necesarias para incorporar a los planes educativos, conceptos generales de energía, eficiencia energética, energías renovables y ambiente, en coordinación con las jurisdicciones correspondientes.
- b. Iniciar las gestiones necesarias para implementar cursos de posgrado en eficiencia energética en las universidades nacionales, a fin de contar con los profesionales necesarios para brindar asistencia técnica en esta materia [11].

Sector de Cogeneración

- a. Desarrollar un plan para el aprovechamiento del potencial ofrecido por la cogeneración eléctrica, como forma de mejorar el abastecimiento de electricidad, ahorrar combustible, limitar las pérdidas de transmisión y reducir emisiones nocivas para el ambiente.
- b. Fomentar la creación y desarrollo en el país de nuevas empresas proveedoras de servicios energéticos con el objetivo de desarrollar proyectos de cogeneración y de ofrecer los servicios que sean necesarios a tal efecto, involucrando en alto grado a la infraestructura científica y tecnológica disponible en el país, así como a la ingeniería nacional [11] .

Alumbrado Público

- a. Contribuir a la eficacia/eficiencia los sistemas de alumbrado público, así como a la semaforización en todo el país.
- b. Promover el desarrollo e implementación de metodologías de relevamiento de los sistemas de alumbrado público y de una base de datos donde consten las características principales de dichos sistemas, en coordinación con las jurisdicciones que correspondan [11]

Transporte

- a. Diseñar un Programa Nacional de Conducción Racional, dirigido a conductores de empresas del sistema de transporte automotor y de distribución de mercancías en áreas urbanas como de larga distancia.
- b. Participar junto con autoridades del sector, en el diseño de un programa de etiquetado automotor. Estos estándares de consumo estarán ligados a los

esquemas de emisiones generadas para los distintos combustibles del parque automotor [11].

Viviendas nuevas

- a. Iniciar las gestiones conducentes para el diseño de un sistema de certificación energética de viviendas. Establecer índices máximos de consumo, tanto de energía eléctrica como de energía térmica.
- b. Iniciar las gestiones conducentes para la reglamentación del acondicionamiento térmico en viviendas, establecer exigencias de aislamiento térmico de techos, envolventes, ventanas y pisos ventilados de acuerdo a diferentes zonas térmicas del país.
- c. Incluir el uso óptimo de la energía solar en la fase del diseño arquitectónico y en la planificación de las construcciones (tanto para calentamiento como para iluminación) [11].

Viviendas en Uso

- a. Desarrollar un sistema de incentivos para la disminución del consumo de energía
- b. Diseñar una estrategia para la implementación masiva de sistemas de calentamiento de agua basados en energía solar, especialmente en poblaciones periféricas.
- c. Implementar un programa nacional de aislamiento de viviendas que incluya techos, envolventes y aberturas [12].

2.1.1.3 Penetración de equipamiento y electrodomésticos eficientes

Desde que el Programa Nacional de uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE) fue decretado, distintas normas de etiquetado en electrodomésticos eficientes fueron implementadas. De esta manera se pretendía generar un ahorro considerable para los años posteriores.

El programa de etiquetado estableció entre otras cosas, lo siguiente:

La resolución SE 396/2009 implementó la clase C de eficiencia energética mínima para la comercialización de refrigeradores de uso doméstico y la resolución SE 198/2011 la que estableció idénticas medidas para los congeladores. Las resoluciones SE 1542/2010 y 1407/2011 establecieron los estándares mínimos en el caso de los aires acondicionados. La Ley N° 26.473 a su vez prohibió la comercialización de lámparas incandescentes en todo el país a partir del 31/12/2010.

Si se analizan los resultados obtenidos se observa que, en el caso de los refrigeradores se arranca el plan en el 2006 con un parque compuesto por equipos de eficiencia D, E y F representando cada clase aproximadamente un 30% del total. Luego de aplicados los programas, para el año 2010 se verificó que el 55% del parque corresponde a una eficiencia tipo B y el resto se distribuye equitativamente entre las clases A y C. En el caso

de los acondicionadores de aire, se parte en el año 2009 con un parque mayoritariamente clase D y se observa un desplazamiento hacia la clase C para el año 2010 [11].

2.1.3 Programas de Eficiencia Energética en el Estado Plurinacional de Bolivia

Dentro del estado plurinacional de Bolivia se encuentra El Ministerio de Hidrocarburos y Energía (MHE) [13], organismo cuyas responsabilidades son el soporte del desarrollo y sustento del país, ésta busca entre otras cosas: el promover, robustecer y reforzar el uso eficiente de la energía a nivel local, implementando iniciativas público-privadas en los distintos sectores de consumo energético.

En este sentido dicho ministerio ha implementado planes de eficiencia energética con el fin de promover a la población el uso racional de la energía y así buscar el máximo ahorro energético. Todos estos planes y políticas que buscan mejorar el consumo de energía, conforman el Programa Nacional de Eficiencia Energética.

La International Organization for Standardization (ISO) desarrolló en 2008 la ISO 50001 como la futura norma internacional de la gestión de la energía, cuyo propósito fue permitir a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo eficiencia energética, uso, consumo e intensidad [14]. La implementación de este estándar debería conducir a una reducción del costo de la energía, la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y otros impactos que sin duda serán positivos para la población y el medio ambiente.

Dentro del programa mencionado, se establecen los siguientes planes y programas:

2.1.3.1 Sustitución de lámparas incandescentes (focos) con lámparas fluorescentes compactas (ahorradoras)

Desde el año 2006 a la fecha se tienen aprobadas como normas del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), dos normas con relación a la eficiencia energética.

- NB 87001:2006 Eficiencia energética - Lámparas incandescentes - Especificaciones y etiquetado
- NB 87002:2006 Eficiencia energética - Lámparas fluorescentes compactas, circulares y tubulares - Especificaciones y etiquetado [14].

En el año 2008 el presidente Evo Morales inauguró en las ciudades de El Alto, Cochabamba y Santa Cruz, un programa Nacional de sustitución de lámparas incandescentes con lámparas fluorescentes dicho programa se inició con el cambio gratuito de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas lo cual resulta ser un gran ahorro mensual de energía eléctrica en la población boliviana y de esta manera obtener una mejor calidad de vida [14]. Con este plan se pretende ahorrar un 80% de consumo de energía [15].

2.1.3.2 Red Boliviana de Eficiencia Energética

El Ministerio de Hidrocarburos y Energía emitió la Resolución Ministerial No. 341-13 que tiene por objeto crear la comisión denominada Red de Eficiencia Energética (Red-EE) [16].

La Red Boliviana para la Eficiencia Energética (Red BOL-EE) fue presentada en el año 2013 y es una iniciativa privado-publica que ayuda al desarrollo de la eficiencia energética en Bolivia, facilitando el intercambio y difusión de información técnica, legal y reglamentaria entre las instituciones y profesionales interesados [13].

2.1.3.3 Programa de oficinas eficientes en el sector público

Dicho programa ayuda a promover e implementar medidas de eficiencia energética y ahorro en las oficinas públicas, mostrando los beneficios energéticos, económicos y ambientales de su aplicación [13].

2.1.3.4 Programa de auditoría energética en construcciones

Este programa apoya en la auditoría de las construcciones del sector residencial, comercial e industrial de acuerdo a los reglamentos de eficiencia energética de los equipos instalados [13].

2.1.3.5 Programa de Etiquetado de Aparatos

El Programa de Etiquetado de equipos eléctricos y a gas de acuerdo a su consumo es muy importante para el usuario que compra por lo que brinda información a los consumidores sobre el costo final que representará en el transcurso de su vida útil, haciendo de este programa una mejor manera de invertir y así mejorar la calidad de vida de la población boliviana [13].

2.1.3.6 Programa de Autotransporte Eficiente

Con este programa se pretende mejorar la eficiencia energética del parque automotor rural y urbano, mediante la aplicación de medidas de concientización y control específico, de esta manera se controla las emisiones de gases de efecto invernadero y combustión incompleta, mejorando la calidad de aire [13].

2.1.3.7 Resultados

La implementación de programas de eficiencia energética en Bolivia ha sido en gran medida, el resultado de la Cooperación Internacional que actuó como elemento dinamizador. Cabe resaltar que el Gobierno Central representó un figura preponderante, especialmente a partir de 2008 con el Programa Nacional de Eficiencia Energética. En lo que respecta a términos de intensidad energética, esta ha ido creciendo en la última década en un 54% en lo referente a intensidad total y un 30% en el sector de la Industria [17].

2.1.4 Programas de Eficiencia Energética en Brasil

En Brasil el consumo energético es un tema muy serio a considerar, diversos estudios manifiestan que la promoción de la eficiencia energética resultará cada vez más necesaria para atender la futura demanda de energía en el país.

En la figura 2.1 se muestra cronológicamente las políticas de eficiencia energética implementadas en Brasil entre los años 1984 y 2011.

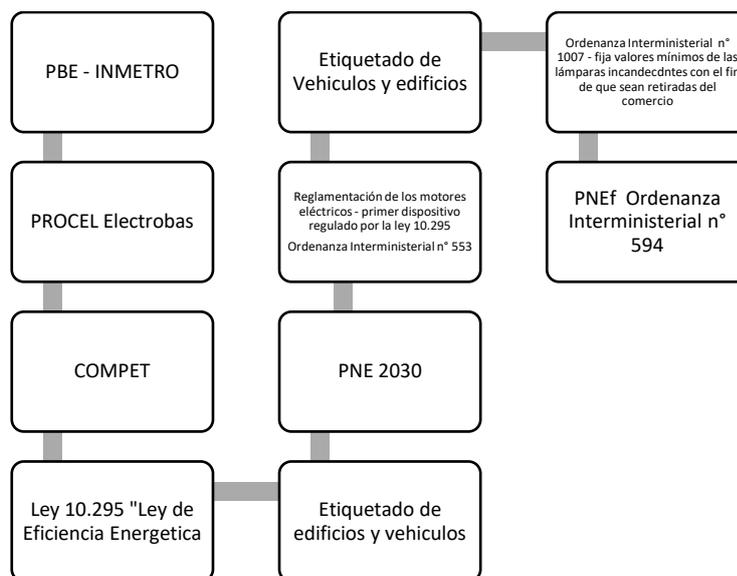


Figura 2.1 Políticas de EE, 1984 – 2011 [18]

En el 2007 fue publicado el Plan Nacional de Energía 2030 (PNE 2030), que constituye el primer documento oficial de planificación energética integral del gobierno brasileño, en el que se fijan metas de eficiencia energética de largo plazo [18]. Desde el estudio formulado por PNE 2030 se han sumado instituciones, entre las que resalta la Empresa de Pesquisa Energética (EPE) que se ha permitido elaborar estrategias y políticas de EE que posteriormente permitirán elaborar un banco de datos y de informaciones de eficiencia energética.

Según la EPE en el 2013 el consumo energético en Brasil se distribuye de la siguiente manera: sector industrial le corresponde el 41% de consumo, sector residencial el 26%, sector comercial el 18%, sector público el 3% y otros el 12%. Esto da un total de 448 TWh, cifra correspondiente al 2012 [19].

Por otra parte, un informe emitido por CEPAL, con el apoyo de otras organizaciones como son: la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y el Proyecto de la Cuenta de las Naciones Unidas para el Desarrollo (ROA 234/8) los programas trabajados por el Gobierno de Brasil son los siguientes:

2.1.4.1 Programa brasileño de etiquetado (PBE)

Es un programa cuyo fin ha sido brindar datos de la eficiencia energética que corresponde a los aparatos electrodomésticos que se venden en el mercado [18].

2.1.4.2 Programa nacional de conservación de energía eléctrica (PROCEL)

Su objetivo es promover la producción y el consumo racional de la energía eléctrica, de tal forma que se elimine el desperdicio de la misma. De tal forma que disminuyan los costos e inversiones sectoriales [18].

2.1.4.3 Programa nacional de uso racional de los derivados del petróleo y el gas natural (CONPET)

Por decreto presidencial esta medida se instauró en 1991, cuyo objetivo es fomentar el uso racional de los recursos naturales no renovables en el país [18].

2.1.4.4 Ley 9.991/2000

Esta ley reglamenta la obligatoriedad de invertir en la investigación y desarrollo y en eficiencia energética, obliga a las empresas concesionarias, permisionarias y autorizadas del ramo de la energía eléctrica [18].

2.1.4.5 Programa de eficiencia energética de la ANEEL (PEE)

Como consecuencia de la Ley 9.991/2000, con el PEE se pretende fomentar el uso racional de la energía eléctrica con el fin de transformar el mercado de eficiencia energética del sector eléctrico [18].

2.1.4.6 Ley 10.295/2001 (Ley de Eficiencia Energética)

En esta ley se establece los valores máximos y mínimos de eficiencia energética, de las máquinas y aparatos consumidores de energía que se fabrican y venden en el país, con referencia a los correspondientes indicadores técnicos [18].

2.1.4.7 Plan nacional de energía 2030 (PNE)

Constituye el primer documento oficial de planificación energética integral promulgado por el gobierno brasileño, en el cual se fijan metas de eficiencia energética de largo plazo para el país [18].

2.1.4.8 Ordenanza interministerial N° 1.007/2010 (MME, MCTI, MDIC)

Esta ordenanza establece los valores mínimos de eficiencia energética de las lámparas incandescentes y según estos valores fija marcos jurídicos donde se prohíbe el comercio de las lámparas de ese tipo que no cumplan los valores mínimos [18].

2.1.4.9 Plan nacional de eficiencia energética (PNEf)

Tiene el fin de promover acciones estructuradas para cumplir las metas de eficiencia energética de largo plazo [18].

2.1.4.10 Programa de apoyo a proyectos de eficiencia energética (PROESCO)

A partir del 2006 el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES) de Brasil empezó a financiar proyectos que demuestren una contribución al ahorro energético, eficientes y también proyectos que promuevan la sustitución de combustibles fósiles por fuentes renovables [18].

2.1.4.11 Plan de acción conjunta Inova energía

Consiste en una iniciativa conjunta entre el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES), Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) y la Financiadora de Estudios y Proyectos (FINEP) con el fin de coordinar las acciones de desarrollo para la innovación en el sector energético. Tres son las líneas temáticas que se establecen en el plan: redes inteligentes (smart grids) y transmisión de ultra-alta tensión; generación de energía a partir de fuentes alternativas; vehículos híbridos y eficiencia energética vehicular [18].

2.1.4.12 Política nacional de cambio climático (PNCC)

Consiste en promover la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero entre el 36,1% y el 38,9 % de las emisiones previstas para el año 2020 [18].

2.1.4.13 Fondo nacional para el cambio climático

El fondo tiene como objetivo financiar proyectos, estudios y proyectos dirigidos a la mitigación del cambio climático y la adaptación a sus efectos [18].

2.1.4.14 Programa Inovar-Auto

La Ley 12.715 / 2012 creó el Programa de Incentivos a la Innovación Tecnológica y densificación de la Cadena Productiva de Vehículos Motorizados (Inovar-Auto), con el fin de apoyar el desarrollo de tecnología, innovación, seguridad y protección del medio ambiente, eficiencia energética y la calidad de los automóviles, camiones, autobuses y piezas de automóviles. El principal compromiso del programa es lograr niveles mínimos de eficiencia energética para todos los vehículos vendidos en el país [18].

2.1.4.15 Plan nacional de logística y transporte (PNLT)

El plan tiene como objetivo promover la planificación en el ámbito del transporte y la logística, analizando los costos involucrados en toda la cadena de transporte (desde los orígenes a los destinos), la sostenibilidad medioambiental, reducción de las desigualdades regionales, el desarrollo sostenible fruto del uso adecuado de los modos de transporte ferroviario y fluvial para el transporte de carga, etc. [18].

2.1.4.16 Sello casa azul

Es una calificación ambiental voluntaria de proyectos de vivienda financiados por la institución financiera CAIXA, cuya misión es la de reconocer a aquellos emprendimientos que adoptan soluciones eficientes en la construcción, uso, ocupación y el mantenimiento de los edificios, además del uso racional de los recursos naturales y la mejora de la calidad de la vivienda y su entorno [18].

2.1.4.17 Minha casa minha vida

Este es un programa habitacional del gobierno federal para la contratación de unidades de vivienda priorizando a las familias de bajos ingresos [18].

2.1.4.18 PAC 2 movilidad grandes ciudades

Este programa tiene como objetivo capacitar y desplegar sistemas estructurales de transporte público, con el objetivo de aumentar la capacidad y promover la integración intermodal y el sistema de movilidad física y de tarifas en los centros urbanos [18].

2.1.4.19 Política nacional de movilidad urbana

La Política Nacional de Movilidad Urbana tiene como objetivo integrar los diferentes modos de transporte y mejorar la accesibilidad y la movilidad de las personas y mercancías [18].

2.1.4.20 Planes de gestión logística sostenible (PLS)

Los PLS son herramientas de planificación que permiten a los organismos o entidades de la administración pública establecer prácticas de sostenibilidad y racionalización del gasto y procesos [20].

Además de las medidas presentadas anteriormente, Brasil en su interés por mejorar la eficiencia energética ha presentado otras acciones, en la figura 2.2 se presentan dichas

acciones con las cuales se pretende trabajar en el sector residencial y contribuir de esta manera al mejoramiento de la eficiencia energética en su región. Estas medidas fueron adoptadas entre el 2006 y 2011

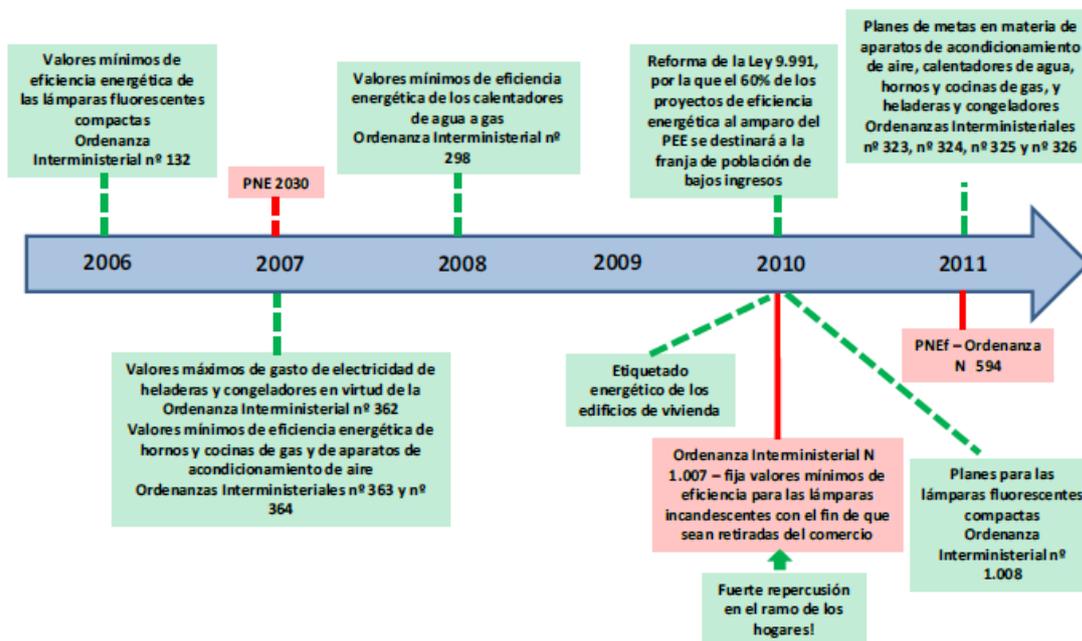


Figura 2.2 Cronología de las últimas políticas de eficiencia energética promulgadas, 2006-2011 [18]

2.1.5 Programas de Eficiencia Energética en Chile

El primer antecedente de políticas de Eficiencia Energética en Chile se dio el año 2005 con la creación del Programa País de Eficiencia Energética (PPEE) de la Comisión Nacional de Energía (CNE), dependiente del Ministerio de Economía de Chile.

Dos años después surge ANESCO Chile, la primera asociación en el país de empresas de Eficiencia Energética, como parte del programa de “Energías Limpias” de Fundación Chile y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

En 2010 se crea el Ministerio de Energía y la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, dependiente del ministerio, organismo público privado y coordinador entre el mercado y el Estado [20].

Según El Ministerio de Energía, el desarrollo económico experimentado por Chile durante los últimos años ha implicado un aumento de 122% en el consumo de energía entre 1991 y 2011 [21], esto se puede observar en la tabla 2.1. Los antecedentes presentados permiten deducir que en los años venideros, el consumo sin duda alguno, aumentará de manera considerable, debido a la alta demanda que existe anualmente para satisfacer las necesidades productivas, esto hará que el país deba asegurar que el suministro de energía sea confiable. Así mismo, este organismo estima que el consumo eléctrico del país podría crecer a una tasa compuesta anual de entre un 5,5% y 6,5% desde el año 2010 hasta el 2020. Ello implicaría que Chile requerirá aumentar su capacidad de generación entre 7.000 MW y 8.000 MW hacia fines de esta década.

Tabla 2.1 Evolución del consumo de energía (Tcal) [21]

| | Transporte | Industria y Minería | Comercial, Público y Residencial | Sector Energía: Auto Consumo | Consumo Total |
|------|------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------|
| 1991 | 37.440 | 43.815 | 36.954 | 4.255 | 122.464 |
| 2001 | 67.320 | 75.118 | 56.282 | 5.595 | 204.315 |
| 2011 | 87.189 | 100.326 | 71.410 | 12.504 | 271.429 |

Actualmente en Chile, el organismo encargado de proponer planes y políticas de eficiencia energética es El Ministerio de Energía. Este organismo ha venido implementando en todo el territorio chileno diferentes proyectos que contribuyen con la producción y el consumo racional de energía, lo que intentan con estos programas es mejorar la eficiencia energética en todos los sectores energéticos del país (ver figura 2.3), como son: Sector Industrial y Minería, Sector Transporte, Sector Comercial Público y Residencial (CPR), Sector Energía [22].

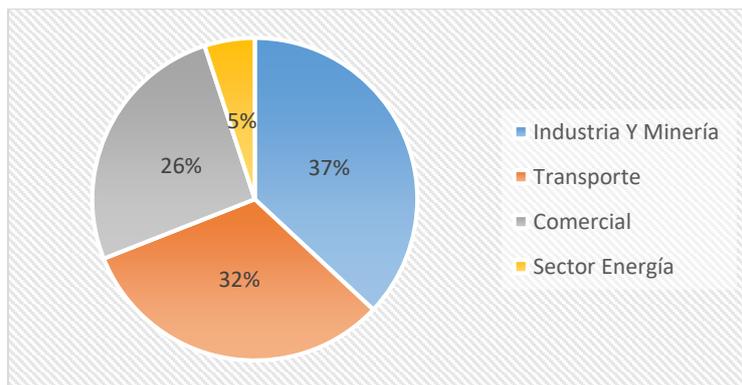


Figura 2.3 Consumo energético en Chile [21]

2.1.5.1 Sector Industria y Minería

Se propone fomentar la implementación de los sistemas de gestión de energía, promover la cogeneración, fomentar la asistencia técnica a proyectos de eficiencia energética e incorporar tecnologías eficientes [23].

Con esto se pretende mejorar la inversión de equipos para una mayor eficiencia, aunque su desempeño sea igual al de equipos poco eficientes. De igual manera las empresas adoptan decisiones de inversión privilegiando el menor costo de inversión en lo inmediato, en vez de considerar el costo del ciclo de vida de los equipos [23].

2.1.5.2 Sector Transporte

En el sector transporte se pretende mejorar la eficiencia energética de los vehículos livianos y medianos que ingresen al parque automotriz [2], para lo cual se ha implementado una Norma de Emisiones (EURO III, IV o V) y emisiones de CO₂ [3], con lo que se pretende mejorar la eficiencia de operación del transporte de pasajeros y fomentar la introducción de tecnologías más eficientes en el parque de vehículos pesados.

Asimismo se propone incentivar cambiar hacia un transporte más eficiente y desarrollar la movilidad eléctrica [23].

2.1.5.3 Sector Comercial Público y Residencial (CPR)

Edificación

Mejorar la calidad energética del equipamiento en edificaciones que estén construidas sin estándares de eficiencia energética, promover el diseño de edificios con alto estándar de eficiencia energética, y promover la oferta tanto de productos como servicios de construcción que posean criterios de eficiencia [20].

Artefactos

Se ha realizado un reglamento MEPS (estándares mínimos de eficiencia) con etiquetas para productos a gas como son los calefones y cocinas, además de lavadoras, refrigeradores, congeladores, lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes compactas, microondas, motores (hasta 10 hp), televisores, decodificadores, aire acondicionado y tubos fluorescentes [20]. En la figura 2.4 se puede observar una etiqueta utilizada en equipos de refrigeración.



Figura 2.4 Etiqueta de Eficiencia Energética [22]

2.1.5.4 Programa Nacional de Alumbrado Público

Se ha realizado un Proyecto “Mejoramiento de la EE en el alumbrado público”. Experiencia piloto en cuatro comunas del país. Año inicio: 2009 y año término: 2013

Con esto se reduce el consumo de energía eléctrica en los sistemas de alumbrado público existentes, mediante la incorporación de medidas de eficiencia energética, tales como, el recambio a luminarias eficientes, instalar sistemas de control inteligente.

Con este proyecto se apoya a los municipios, que son los responsables de la operación de estas instalaciones, consiguiendo hasta un 70% de ahorro en el costo de energía eléctrica comunal [20].

Medidas Transversales

Existen líneas de acción que son transversales a todos los sectores de consumo como el fortalecimiento de la educación, investigación y desarrollo, difusión, y medición y verificación. Las acciones relevantes de esta área son:

- Creación del Comité Interministerial de Eficiencia Energética
- Desarrollo de acciones de difusión y promoción de la Eficiencia Energética
- Creación del sello de Eficiencia Energética
- Reconocimiento de competencias laborales en Eficiencia Energética
- Promover la integración de la Eficiencia Energética en la educación
- Promover la investigación y desarrollo en Eficiencia Energética
- Incorporación y fomento a las redes inteligentes
- Incentivar la aplicación de medición y verificación en la implementación de medidas de Eficiencia Energética. [23]

Con la implementación de los proyectos mencionados, se pretende una reducción de un 12% total de la demanda de la energía proyectada para el año 2020 [24]. En la tabla 2.2 se pueden observar los ahorros estimados por sector.

Tabla 2.2 Ahorros estimados para el año 2020 [21]

| Sector | Ahorros en 2020 (Tcal) | Ahorros en 2020 (%) |
|---------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Industria y Minería | 16.900 | 39 |
| Transporte | 5.000 | 12 |
| Edificación | 8.500 | 20 |
| Artefactos | 3.500 | 8 |
| Leña | 8.000 | 19 |
| Otros | 1.100 | 2 |
| Total | 43.000 | 100 |

2.1.6 Programas de Eficiencia Energética en Colombia

La realidad energética de Colombia al contar con más de 12 millones de hogares, hace que el gobierno promueva el consumo eficiente de energía, estableciendo planes y programas con objetivos que a más de buscar y satisfacer las necesidades energéticas de toda la población, intentan disminuir el gasto energético.

Con la ley 607 de 2001 se crea el programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales PROURE, estableciéndose así, el inicio del trabajo en eficiencia energética en Colombia, luego de esto, se adoptan metas ambientales establecidas en el decreto presidencial 2532 de 2001, el decreto 3172 del 2003 y el decreto 2501 del 2007 [6].

En lo que respecta al consumo de energía, el mayor consumidor es el sector del transporte con el 44% tal como se puede observar en la figura 2.5, le siguen la industria manufacturera y el sector residencial con el 21% y 19% respectivamente.

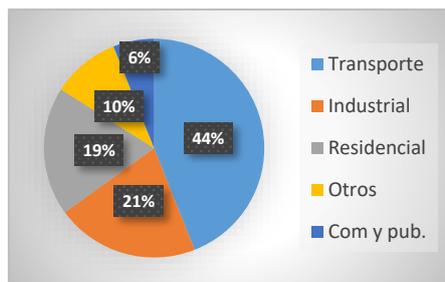


Figura 2.5 Consumo final de energía en Colombia al 2012 [6]

Específicamente para el sector residencial se ha establecido medidas prioritarias, como: la promoción en el uso de refrigeradores, aires acondicionados y sistemas de iluminación eficientes y la promoción de la eficiencia energética en el diseño, la construcción y el uso de edificaciones.

Con estas medidas se proyecta al 2020 obtener reducciones de hasta el 6% de la demanda de electricidad, lo que representaría una reducción en las emisiones de 564 mil toneladas de CO₂ [22].

Para los demás sectores el PROURE, trata de promover el uso racional y eficiente de la energía y de las fuentes no convencionales de energía. De esta manera quiere generar beneficios económicos debido a un menor consumo de energía y mecanismos de protección a los consumidores y usuarios.

De acuerdo con los lineamientos estratégicos para promover, organizar, ejecutar y realizar seguimiento de los subprogramas que conforman el PROURE se presenta a continuación el plan de acción 2010 – 2015, con sus respectivas etapas del ciclo de desarrollo, los subprogramas estratégicos y los subprogramas prioritarios sectoriales [25].

Los subprogramas estratégicos de carácter transversal son los siguientes:

- a) Fortalecimiento institucional
- b) Educación y fortalecimiento de capacidades en Investigación, desarrollo tecnológico e innovación- I+D+i y gestión del conocimiento
- c) Estrategia Financiera e impulso al mercado
- d) Protección al consumidor y derecho a la información
- e) Gestión y seguimiento de potenciales, metas e indicadores
- f) Gestión y seguimiento de potenciales, metas e indicadores
- g) Promoción del uso de Fuentes No Convencionales de Energía [25]

Los subprogramas prioritarios sectoriales se clasifican de la siguiente manera:

- a) **Sector Residencial y pequeño comercio**
 - Promoción uso de refrigeradores, aires acondicionados y sistemas de iluminación eficientes
 - Promoción eficiencia energética en el diseño, la construcción y el uso de edificaciones
- b) **Industrial, gran comercio y servicios**
 - Promoción eficiencia en la combustión
 - Promoción uso de motores y sistemas de iluminación eficientes

- Promoción implementación Sistemas de Gestión Integral de la Energía

c) Transporte

- Promoción reconversión tecnológica del parque automotor
- Promoción transporte masivo
- Promoción sistemas de transporte limpio

d) Público

- Promover el uso de refrigeradores, aires acondicionados y sistemas de iluminación eficientes
- Actualización o reconversión tecnológica del alumbrado público
- Promoción eficiencia energética en el diseño, la construcción , la reconversión energética y el uso de edificaciones [26].

Es de interés conocer también que dentro de este tema Energético, las neveras son responsables de entre el 20 y 50% del consumo de energía. En los hogares colombianos se estima que tienen en uso cerca de cuatro millones de neveras producidas antes de 1997, esto significa están en el grupo de 21 a 25 años de vida útil. En un escenario de 10 años, los ahorros de energía por año se estiman en 2441 GWh [27].

Se han establecido 9 acciones a fin lograr la implementación del subprograma en lo que respecta a la sustitución de neveras eficientes, tales como la estructuración del proyecto, gestión de recursos, establecimiento de aspectos técnicos, acuerdos con la industria y distribuidores, etc.

En lo que respecta a costos, la UPME estimo una inversión de 1540 millones de dólares en 10 años a fin de ejecutar el proyecto de sustitución, con alcance de 4 millones de neveras; y, para el año 2015 se estimaba un reemplazo de 2 millones de neveras con una inversión de 770 millones de dólares [26].

2.1.6.1 Programa colombiano de etiquetado

Además del programa mencionado, en Colombia se estableció el Reglamento Técnico de Etiquetado -RETIQ- que es la norma que rige el etiquetado en eficiencia energética, y su elaboración estuvo a cargo del Ministerio de Minas y Energía.

Resolución 41012 del 18 de septiembre de 2015: Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Etiquetado – RETIQ, con fines de Uso Racional de Energía aplicable a algunos equipos de uso final de energía eléctrica y gas combustible, para su comercialización y uso en Colombia [28].

2.1.6.2 Proyecciones y resultados

Con las medidas adoptadas y lo establecido en la resolución 0186 de 2012 con respecto a metas ambientales, se pretende tener un ahorro de energía eléctrica en el sector industrial de hasta el 8.7% hasta el 2015 [6].

Para los demás sectores, el ahorro energético se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.3 Potenciales de ahorro de energía eléctrica a 2015 estimados por la UPME [6]

| Sector | Potencial de Ahorro y Energía | Meta de ahorro de energía |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Residencial | 10.6% | 8.7% |
| Industrial | 5.3% | 3.4% |
| Comercial, publico | 4.4% | 2.7% |
| Total | 20.3% | 14.8% |

2.1.7 Programas de Eficiencia Energética en Ecuador

La república del Ecuador cuenta con el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable o MEER que es un organismo responsable de satisfacer las necesidades de energía eléctrica de la población ecuatoriana mediante la formulación de normativas, planes y políticas para el aprovechamiento eficiente de la energía

Este organismo ha desarrollado estrategias con el fin de promover a la población, el uso racional de la energía, de esta manera mejorar la eficiencia energética en los diferentes sectores poblacionales, esto son: residencial, público e industrial.

2.1.7.1 Sector Residencial

Para este sector de la población se están desarrollando algunos proyectos de eficiencia energética, mismos que se mencionan a continuación:

Proyecto 1.- Sustitución de Refrigeradores ineficientes.

La pretensión de este programa es sustituir a nivel nacional 330.000 refrigeradoras con más de 10 años de uso cuyo consumo es sin duda ineficiente, por otras de rango A o de alta eficiencia, para lo cual se está entregando un estímulo a los usuarios del sector residencial que consuman hasta 200 KWh/mes.

Con la implementación de este programa de sustitución, se espera obtener un ahorro de energía eléctrica de 215.780 MWh/año, cifra considerable, tomando en cuenta el ahorro económico que bordearía los USD 26'972.550, calculado con un valor de 12,5 cUSD/kWh [29].

Proyecto 2.- Sustitución de focos incandescentes por ahorradores.

La sustitución de focos incandescentes por ahorradores en viviendas fue la iniciativa pionera de eficiencia energética ejecutada por el Gobierno Nacional, con el fin de disminuir la demanda de potencia y energía del Sistema Eléctrico Nacional en horas pico. El proyecto inició en el 2008 con la sustitución de 6 millones de focos ahorradores, destinada al sector residencial con consumos menores a 150 KWh/mes, en el 2010 se continuó con la sustitución de 10 millones de focos ahorradores, destinada a otros sectores y usuarios residenciales con consumos de hasta 200 KWh/mes [29].

Proyecto 3.- Proyecto Piloto de Cocinas de Inducción.

Este proyecto se enmarca en la intención del gobierno de eliminar el subsidio al GLP, para lo cual está impulsando el consumo de energía eléctrica para el calentamiento de agua y sobre todo la cocción de alimentos.

El objetivo de este proyecto piloto, es determinar el impacto social, técnico y económico de la sustitución parcial de GLP por electricidad para la cocción de alimentos, a través de

la entrega sin costo de un sistema de cocción por inducción a familias que lo acepten voluntariamente.

El proyecto inició en el año 2010 con la adecuación de las redes de distribución eléctrica, socialización y demostración del uso de la tecnología a todas las familias dentro del proyecto, para posteriormente entregar las cocinas de inducción a las familias que voluntariamente participaran en el proyecto [29].

Este proyecto será trascendental en el ahorro de energía, en este caso el de GLP, ya que el gobierno está subsidiando desde un costo real aproximado de 12 USD el cilindro de 12 kg a 1,60 USD que es el costo actual, además la cocina de inducción presenta una velocidad mayor de calentamiento, que es dos veces más rápida que la cocina a gas y dos veces y media más rápida que la cocina de resistencia eléctrica [30].

2.1.7.2 Sector Público

Mediante El Decreto Ejecutivo No. 1681[33], que fue firmado por el Gobierno Nacional, las entidades y organismos de la Administración Pública Central deben implementar tecnologías de eficiencia energética, así como programas de capacitación sobre uso racional de la energía dirigidos a sus funcionarios [31].

Proyecto de Alumbrado Público Eficiente

Dentro de los programas que contemplan la mejora de la eficiencia energética encontramos este proyecto donde la implementación de políticas de EE es una acción importante a rescatar.

En el Ecuador el alumbrado supone un 6% del consumo eléctrico nacional y se lo ha categorizado con la siguiente tipología: Alumbrado Público General, Alumbrado Público Ornamental y Alumbrado Público Intervenido.

El MEER, a través de su rectoría, busca que los sistemas de alumbrado cuenten con criterios de eficiencia energética desde la fase de diseño, ya que es desde allí donde se debe seleccionar los equipos idóneos para cada aplicación a más de cuantificar los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil del sistema.

El MEER ejecuto el proyecto “Alumbrado Público Eficiente”, el mismo que consiste en la sustitución de 61.610 luminarias de vapor de mercurio de 175 W de potencia por luminarias de vapor de sodio de 100 W de potencia en el área de concesión de la CNEL, con propósito de disminuir el consumo de energía eléctrica en el alumbrado público en aproximadamente 20 GWh/año [31].

2.1.7.3 Sector Industrial

Por medio del MEER y con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), se ha establecido un programa que tiene como objetivo principal, mejorar la eficiencia energética del sector industrial.

En marzo de 2012 el INEN adoptó oficialmente la norma ISO 50001 “Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con Orientación Para su Uso”. La cual crea capacidades para la implementación del estándar de gestión de energía y la optimización de sistemas; eleva la conciencia de la industria sobre sus beneficios y la disponibilidad de servicios para la implementación del estándar y de optimización de sistemas [30].

El Objetivo del Proyecto es promover mejoras en la eficiencia energética de la industria ecuatoriana a través del desarrollo de estándares nacionales de gestión de energía y de la aplicación de la metodología de Optimización de Sistemas en procesos industriales, mejorando la competitividad de dichas instalaciones [32].

Los principales alcances del proyecto, se resumen en capacitación para gerentes en uso eficiente de la energía – 200 industrias, formación del personal de fábrica en conceptos básicos de sistemas de gestión de energía y optimización de sistemas, optimización de sistemas eléctricos motrices y de vapor, con proyección a implementarse por completo en la fábrica, entre otros [29].

2.1.8 Programas de Eficiencia Energética en México

En México la organización de conducir la política energética y garantizar el suministro eficaz y de alta calidad energética es la Secretaría de Energía de México (SENER) [33], es la encargada de apoyar al fortalecimiento de implementar estrategias de programas, proyectos y actividades en mejorar la calidad de vida de los mexicanos [34].

Los programas que se están implementando en México son para reducir la Intensidad Energética en todo el territorio Nacional, reducir las emisiones de Gases de Efecto de Invernadero para lo cual el gobierno Mexicano busca gestionar planes de eficiencia energética.

Para aplicar estas políticas de eficiencia energética, el gobierno creó el Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de Energía, que abarca los siguientes segmentos [35].

- Luz
- Cogeneración
- Aparatos electrónicos
- Nuevos edificios y modernización de edificios
- Eficiencia vehicular
- Industria

2.1.8.1 Luz

Reducir el consumo de energía en iluminación al máximo, minimizando el desperdicio de la luz. Dentro de este programa se trata de implementar la incorporación de focos ahorradores para tener un uso eficiente de iluminación, de igual manera se trata de implementar en el sector público la utilización de focos eficientes y ayudar a grupos marginados a la adquisición de los mismos.

De esta manera se plantea reemplazar focos incandescentes por lámparas ahorradoras de energía siendo los beneficiarios unos 17 millones de hogares alrededor del país.

La norma NOM-028-ENER-2010 Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba, tiene como objetivo el establecer los límites mínimos de eficacia para las lámparas de uso general, destinadas para iluminación de los sectores residencial, comercial, servicios, industrial y alumbrado público, todas aquellas lámparas de descarga de alta intensidad, fluorescentes compactas autobalastadas, fluorescentes lineales, incandescentes, incandescentes con halógenos, y luz mixta [35].

2.1.8.2 Cogeneración

Con esta medida se trata de aprovechar al máximo la energía térmica y energía eléctrica disponible en los procesos de producción.

2.1.8.3 Aparatos electrónicos

Por medio de este proyecto se procura reducir el consumo de energía por refrigeradores, lavadoras y secadoras de ropa, aire acondicionado y calentadores de agua, para lo cual se realiza campañas de equipos eficientes, sustitución de equipos ineficientes, programas de información de usuarios para que al momento de adquirir estos equipos sepan cuáles son sus características.

Dentro de los aparatos electrónicos a continuación se detalla los equipos y las normas que utilizan:

Lavadoras de ropa: se cuenta con la norma NOM-005-ENER-2012 Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado, cuyo objetivo es establecer los niveles del factor de energía (FE) y consumo de energía que deben cumplir las lavadoras de ropa electrodomésticas [35].

Refrigeradores y congeladores: se cuenta con la norma NOM-015-ENER-2012 Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado, cuyo objetivo es fijar los límites máximos de consumo de energía de los refrigeradores y congeladores electrodomésticos operados por motocompresor hermético; establecer los métodos de prueba y el volumen refrigerado total. Se Aplica a los refrigeradores electrodomésticos, refrigeradores-congeladores electrodomésticos de hasta 1104 dm³ (39 pies³) y congeladores electrodomésticos de hasta 850 dm³ (30 pies³) operados por motocompresor hermético comercializados en los Estados Unidos Mexicanos [35].

Calentadores de agua: se cuenta con la norma NOM-003-ENER-2011 Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado, cuyo objetivo es establecer los niveles mínimos de eficiencia térmica que deben cumplir los calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Se Aplica a los calentadores de agua para uso doméstico y comercial, que utilicen gas licuado de petróleo o gas natural como combustible y que proporcionen únicamente agua caliente en fase líquida [35].

Acondicionares de aire: se cuenta con la norma NOM-026-ENER-2015 Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado, cuyo objetivo es establecer el nivel mínimo de Relación de Eficiencia Energética Estacional (REEE) que deben cumplir los acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable. Se Aplica para los acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable, operados con energía eléctrica, en capacidades nominales de enfriamiento de 1 Wt hasta 19 050 Wt que funcionan por compresión mecánica y que incluyen un serpentín evaporador enfriador de aire, un compresor de frecuencia y/o flujo de refrigerante variable y un serpentín condensador enfriado por aire, comercializados en los Estados Unidos Mexicanos [35].

2.1.8.4 Nuevos edificios y modernización de edificios

Con la implementación de este proyecto se pretende reducir el consumo de energía optimizando las pérdidas de calor en edificios nuevos y existentes, para lo cual se promueve el uso eficiente en la construcción de edificios comerciales y residenciales e implementar la conservación de energía en edificios gubernamentales.

Para la construcción de edificios se están usando las siguientes normas:

- NOM-008-ENER-2001 Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.
- NOM-011-ENER-2006 Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido.
- NOM-028-ENER-2010 Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.
- NOM-018-ENER-2011 Aislantes térmicos para edificaciones. Características y métodos de prueba.
- NOM-020-ENER-2011 Eficiencia energética en edificaciones.- Envolvente de edificios para uso habitacional.
- NOM-024-ENER-2012 Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones. Etiquetado y métodos de prueba.
- NOM-030-ENER-2012 Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (LED) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.
- NOM-007-ENER-2014 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. [36]

2.1.8.5 Eficiencia vehicular - industria

Mejorar la eficiencia de los vehículos en toda la región mexicana, para lo cual se realiza una publicación de estándares de eficiencia por producción de vehículos en México y se aplica lineamientos para la eficiencia de vehículos a los proveedores para lo cual el gobierno generó un plan de chatarrización para mejorar el parque automotor en México.

La norma que se utiliza en eficiencia vehicular es la siguiente:

La NOM-163 publicada el 21 de Junio del 2013, regula los parámetros y metodologías para medir el nivel máximo permisible de emisiones de CO₂ esta norma es una de las acciones más importantes a desarrollar en materia de cambio para los vehículos nuevos ligeros que utilicen gasolina o diésel como combustible, estableciendo parámetros de eficiencia para los vehículos ligeros que se venden en el país y promover un ahorro en emisiones derivado de mejores tecnologías disponibles en el país. [37]

2.1.8.6 Industria

Los proyectos que se implementan en la industria establecen propuestas para mejorar significativamente la eficiencia de los motores industriales, realizando una actualización o reemplazo de dichos equipos.

La norma que se utiliza en el sector de Industria mexicana, es la norma ISO 50001 “Gestión de la Energía” teniendo como finalidad proporcionar a las organizaciones un reconocido marco de trabajo para la integración de la eficiencia energética en sus prácticas de gestión. El propósito de esta norma es permitir a las organizaciones a

establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético, incluyendo la eficiencia energética, uso y consumo [38].

2.1.9 Programas de Eficiencia Energética en Paraguay

En Paraguay el organismo responsable de la preparación y ejecución de criterios de eficiencia energética y del Plan Nacional para el uso eficiente de la energía se llama Comité Nacional de Eficiencia Energética (CNEE), mismo que fue creado por Decreto Presidencial N° 6377, del 31.03.11 [39].

Los proyectos de eficiencia energética implementadas en Paraguay se aplican a los siguientes sectores:

- Sector Residencial
- Sector Industrial
- Sector Transporte
- Sector Edificaciones
- Sector agropecuario y forestal

2.1.9.1 Sector Residencial

El uso eficiente de la energía es considerada una de las medidas más efectivas, a corto y mediano plazo, para lograr en los hogares, bajar los costos sin perder calidad de vida [40], para lo cual se han planteado las siguientes normas:

- PNP 51 001 13 Etiquetado Genérico de Desempeño Energético. Requisitos Generales.
- PNP 51 002 13 Etiquetado de Eficiencia Energética para Acondicionadores de aire
- PNP 51 003 14 Etiquetado de Eficiencia Energética para Aparatos de Refrigeración Autocontenidos.
- PNP 51 004 14 Etiquetado de Eficiencia Energética para lámparas fluorescentes compactas, circulares y tubulares
- PNP 51 006 15 Eficiencia Energética. Aparatos eléctricos fijos de calentamiento instantáneo de agua. Especificaciones y Etiquetado.
- PNP 51 007 15 Eficiencia Energética. Ventiladores de mesa, pared, pedestal y circulador de aire.- Especificaciones y Etiquetado.
- PNP 51 008 15 Eficiencia Energética. Ventiladores de techo de uso residencial. Especificaciones y Etiquetado [41].

2.1.9.2 Sector Industrial

Los proyectos que se vienen manejando en este sector están alineados con el fomento y la promoción de la energía térmica y energía eléctrica [41].

Los proyectos se basan en la implementación de sistemas de gestión de energía, regulados por la norma ISO 50.001 y/o similar, los cuales se fundamentan principalmente en lo siguiente: [40]

- Promover y fomentar la cogeneración
- Fomentar a la asistencia técnica a proyectos

- Promover la mejora de la tecnología de equipos y procesos [41].
- Promover medidas de sustitución y modernización de equipos apoyando la incorporación de nuevas tecnologías específicas y con mayores niveles de eficiencia [40].

2.1.9.3 Sector transporte

Para el sector transporte se aprobó en diciembre del 2012, el decreto 10769 con Ley No 4838, el cual tiene como objeto "...Establecer la política Automotriz Nacional, que regirá la Política Industrial del sector en el territorio de la República del Paraguay [42].

Para el mejoramiento del sector transporte en Paraguay se ha tenido en cuenta los siguientes puntos:

- Promover la renovación del parque automovilístico liviano y mejora de la infraestructura del sistema de transporte
- Optimizar la eficiencia de operación del parque de vehículos de transporte de pasajeros y vehículos pesados
- Fomentar tecnologías más eficientes en el parque de vehículos pesados
- Iniciación a la movilidad eléctrica[40]

2.1.9.4 Sector edificaciones

En el sector de edificaciones se utiliza la Ordenanza N° 26.104/90, la cual tiene como objeto, el orientar la actividad edilicia y establecer las normas técnicas de construcción, seguridad, confort, funcionalidad y estética a las cuales deberán ajustar su gestión todos los intervinientes en el proceso de construcción [43].

En este apartado se incluye acciones que apuntan a reducir, la demanda energética de las edificaciones y por otro lado el consumo energético del usuario, a desarrollarse tanto en el Sector Residencial, como en el Sector Comercial, Público y Servicios [41], para lo cual se tiene los siguientes puntos:

- Mejorar la calidad energética de la envolvente y las instalaciones de edificación existentes construidas sin estándares de Eficiencia Energética
- Promover la gestión energética eficiente de edificios
- Promover diseños de edificios con estándar de Eficiencia Energética
- Promover la oferta de productos y servicios de construcción con criterios de eficiencia.
- Promover la Eficiencia Energética en alumbrado público
- Promover la Eficiencia Energética en el uso de los recursos en edificios y hogares [44].

2.1.9.5 Sector agropecuario y forestal

Para este sector se han establecido procesos de auditorías energéticas con el fin de mejorar las explotaciones agrarias aumentando con esto la eficiencia del consumo de leña y mejorando su calidad de comercialización [40].

2.1.10 Programas de Eficiencia Energética en Perú

En la República del Perú, dentro del Ministerio de Energía y Minas MINEM se encuentra La Dirección General de Eficiencia Energética **DGEE**, que es el órgano técnico normativo, encargado de proponer y evaluar la política de eficiencia energética y las energías renovables no convencionales, promover la formación de una cultura de uso racional y eficiente de la energía, así como, de conducir la planificación energética [45].

Los principales proyectos que se mencionan en este plan son los siguientes:

2.1.10.1 Sector residencial

Se han identificado 34 acciones, de las cuales se han cuantificado 4:

- Formación de una cultura de eficiencia energética en la población, para que mejore sus hábitos de consumo y utilice eficientemente la energía.
- Sustitución de un millón de cocinas tradicionales a leña por cocinas mejoradas o de gas.
- Sustitución de todos los focos incandescentes del país por focos ahorradores.
- Sustitución de cien mil calentadores de agua eléctricos por termas solares, para aprovechar este abundante recurso energético que tenemos en la mayor parte de nuestro territorio nacional [46].

2.1.10.2 Sector productivo y servicios

Se han identificado 37 acciones, de las cuales se han cuantificados 4:

- Sustitución de 30.000 motores convencionales por eficientes, para eliminar los motores antiguos que sobre consumen energía.
- Mejorar la operación del 60% de las calderas que funcionan en el sector industrial del país.
- Modernización de la iluminación mediante la sustitución de los fluorescentes antiguos por fluorescentes de tecnología moderna.
- Uso de la cogeneración para aprovechar la energía térmica que ahora se desperdicia [46].

2.1.10.3 Sector público

Se han identificado 26 acciones, de las cuales se ha cuantificado una:

- La modernización de la iluminación en los edificios del Estado [46].

2.1.10.4 Sector transporte

Se han identificado 28 acciones, de las cuales se ha cuantificado una:

- Promoción de la conducción eficiente, para que los conductores manejen apropiadamente sus vehículos y de esta manera ahorren un 10% en el consumo de combustible

Dentro de la política del estado peruano, que tiene como prioridad la eficiencia energética, también se puede encontrar lo siguiente:

Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía

La Ley N° 27345 fue establecida el 08 de septiembre del 2000 presentándose en la figura 2.6[47].

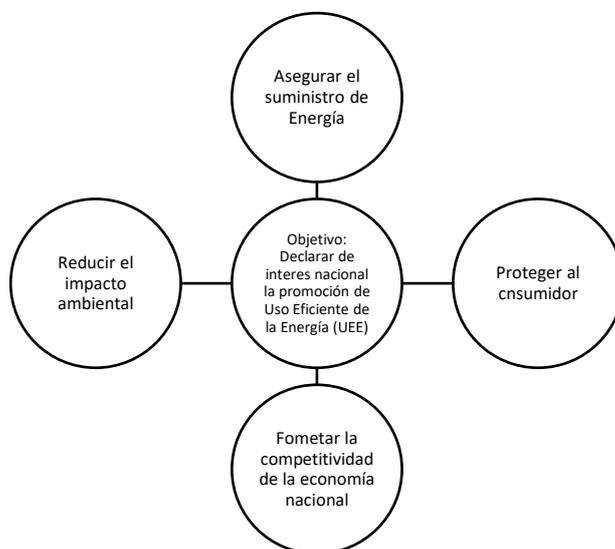


Figura 2.6 Objetivos de la ley N° 27345 [47]

Reglamento de la Ley de UEE

Decreto Supremo N° 053-2007-EM emitido el 23 de octubre del 2007, tiene como objetivo Reglamentar la Ley N° 27345, Ley de Promoción del uso eficiente de la energía [47].

Normatividad sobre Eficiencia Energética Política Energética Nacional 2010-2040

Dentro de la normativa establecida para el mejoramiento de la Eficiencia Energética, se tiene lo siguiente:

Tabla 2. 4 Normativa establecida en Perú[47]

| DISPOSITIVO | FECHA | TEMA |
|-------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Ley N° 27345 | 01/09/2000 | Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía |
| Decreto Supremo N° 037-2006-EM | 07/07/2006 | Aprueban sustitución del reglamento de cogeneración |
| Decreto Supremo N° 053-2007-EM | 23/10/2007 | Reglamento de la Ley N° 27345 |
| Decreto Supremo N° 034-2008-EM | 19/06/2008 | Medidas de ahorro de energía en el sector público |
| Resolución Ministerial N° 038-2009-MEM/DM | 21/01/2009 | Indicadores de consumo energético y metodología de monitoreo |
| Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM | 14/05/2009 | Medidas de Eco Eficiencia para el sector Público |
| Resolución Ministerial N° 469-2009-MEM/DM | 26/10/2009 | Aprueban el Plan Referencial del Uso Eficiente de la Energía 2009 – 2018 |
| Decreto Supremo N° 026-2010-EM | 28/05/2010 | Creación de la Dirección General de Eficiencia Energética |
| Decreto Supremo N° 064-2010-EM | 24/11/2010 | Aprueban la Política Energética Nacional del Perú 2010 – 2040 |

Vale la pena mencionar también, que según lo estimado los ahorros que se pueden obtener en 10 años por las 10 acciones cuantificadas en los 4 sectores mencionados, ascenderían a 372.640 TJ, esto equivale a US\$ 5.291 millones, los cuales podrían obtenerse con una inversión de US\$ 673 millones (una relación aproximada de 8 a 1). Las emisiones que podrían evitarse se acercan a los 35 millones de toneladas de CO₂ [46]. Esto significaría un ahorro considerable para la economía de un país que fue uno de los pioneros en cuanto a medidas adoptadas para el mejoramiento de la eficiencia energética.

2.1.11 Programas de Eficiencia Energética en Uruguay

En el año 2009 se aprobó la Ley N° 18.597 de Uso Eficiente de la Energía que establece el marco institucional y jurídico para la implementación y profundización de múltiples líneas de trabajo en EE [48], el organismo responsable de realizar los proyectos de eficiencia energética con un alcance nacional orientado a mejorar el uso de la energía [49], por parte de los usuarios es el Ministerio de Industria, Energía y Minería el cual diseña e instrumenta las políticas del Gobierno referidas a los sectores industrial, energético, minero [50].

Los proyectos realizados en Uruguay están enfocados en los siguientes sectores:

- Eficiencia Energética en el Sector Privado Productivo
- Eficiencia Energética en el Sector Residencial
- Eficiencia Energética en el Sector Público

2.1.11.1 Eficiencia energética en el sector privado productivo

Ejecutar proyectos de eficiencia energética en los sectores industrial, agropecuario y comercial a través de la comunicación y capacitación en EE, acceso a financiamiento a través de la creación del Fondo Uruguayo de Eficiencia Energética FUEE.

Se pretende realizar capacitación permanente de toma de decisiones en temas referidos a eficiencia energética y los beneficios asociados a la implementación de programas de eficiencia energética en la empresa y al fin de año se premiara al mejor proyecto de Eficiencia Energética [51].

Las normas utilizadas son:

- UNIT-ISO 5151 Acondicionadores de aire y bombas de calor sin ductos. Ensayos de valoración y determinación de características de comportamiento.
- UNIT 1189:2010, Calderas Murales a Gas para Calefacción y Generación de Agua Caliente Sanitaria. Seguridad, desempeño y eficiencia energética [52].

2.1.11.2 Eficiencia energética en el sector residencial

Se establece como premisas, el brindar información permanente a los usuarios residenciales acerca del Uso Eficiente de la Energía y estrategias para generar ahorro energético, esto con el fin de reducir los costos de transacción de acceso a la eficiencia energética.

De igual manera se aspira generar conciencia en las nuevas generaciones acerca de las ventajas económicas, sociales y ambientales de un uso eficiente de la energía por parte de

los docentes de las instituciones y premiar el avance escolar que incentive el estudio de este tema de parte de los alumnos [51].

Las normas utilizadas en este sector para algunos electrodomésticos son:

- UNIT-IEC 60456 Lavarropas para uso doméstico
- UNIT-IEC 62552:2007 Aparatos de refrigeración domésticos.
- UNIT-IEC 60379: 1987 – Métodos para medir el desempeño de los calentadores de agua eléctricos de acumulación de uso doméstico[52]

2.1.11.3 Eficiencia energética en el sector público

Mejorar el uso eficiente de la energía a nivel de todo el sector público, incluyendo empresas públicas, administración central e intendencias.

Con este proyecto se abarca todo el alumbrado público y sector industrial, con este proyecto se pretende realizar acuerdos con otros organismos públicos para establecer planes de eficiencia energética y así reducir de una manera significativa el costo energético del Estado con este se pretende ser un ejemplo para la población general en el ahorro de energía [51].

Las normas que se utilizan en el sector público para iluminación son:

- IEC/TS 62504:2011, Iluminación general – LEDs y módulos LED
- UNIT-IEC 62031:2012, Módulos LED para iluminación general.
- UNIT-IEC 62612:2013, Lámparas LED con balasto incorporado para servicios [52]

2.1.12 Programas de Eficiencia Energética en la República Bolivariana de Venezuela

El organismo responsable de impulsar el Uso Racional y Eficiente de la Energía es el Ministerio del Poder Popular con competencia en materia de Energía Eléctrica, para lo cual debe adoptar todas las medidas técnicas y económicas necesarias para contribuir con el desarrollo económico y social de la población venezolana [53].

Dentro de los proyectos que está desarrollando la República Bolivariana de Venezuela tenemos los siguientes sectores:

2.1.12.1 Usuarios del Sector Residencial.

El consumo energético del sector residencial se encuentra en un 49% en iluminación y un 46% en dispositivos que pueden estar presentes en un hogar para lo cual a nivel nacional se creó un programa de sustitución de refrigeradores de consumo ineficiente (mayor a 10 años de uso) a refrigeradores eficientes, etiquetados A.

En Venezuela, existen normas para el etiquetado de equipos en relación a sus características energéticas. Estas normas son:

- Resolución conjunta entre los Ministerios del Poder Popular para la Energía Eléctrica N° 054 y Comercio N° 071, de fecha 16/11/2012. Reglamento Técnico para el Etiquetado de Eficiencia Energética en Acondicionadores de Aire.

- Resolución conjunta entre los Ministerios del Poder Popular para la Energía Eléctrica N° 031 y Comercio N° 089-13, de fecha 23/08/2013. Reglamento Técnico para el Etiquetado de Eficiencia Energética en Aparatos de Refrigeración y Congelación.
- Resolución conjunta entre los Ministerios del Poder Popular para la Energía Eléctrica N° 019 y Comercio N° 126, de fecha 17/03/2014. Reglamento Técnico para el Etiquetado de Eficiencia Energética para Lámparas Fluorescentes. [55]

2.1.12.2 Usuarios industriales, comerciales y oficiales

Usuarios industriales

El consumo energético en los últimos años en Venezuela ha ido aumentando considerablemente en un 42,2%, esto se debe a la ineficiencia de las maquinas, por tal motivo se ha gestionado el uso de motores eficientes así como reguladores de velocidad y frecuencia que mejoran el rendimiento de 2 a 3%.

Por otro lado el uso de luminarias de bajo consumo y dispositivos de mejora de la eficiencia de equipos electrónicos que contribuyen con el ahorro total [56].

Usuarios comerciales

Las edificaciones en Venezuela, que pertenecen al sector residencial y comercial representan el 60% del consumo de energía eléctrica de la energía total; el mayor porcentaje de consumo energético en una edificación se produce a través de los sistemas de aire acondicionado y de iluminación.

Las iniciativas que tiene Venezuela para mejorar la calidad de sus edificios, es la de reducir el consumo en los equipos de aire acondicionado e iluminación con lo que se pretende reducir un 20% el consumo de edificaciones públicas [56].

Por otro lado esta reducción de consumo energético se apoya en el Reglamento Técnico para el etiquetado de eficiencia energética de aparatos de refrigeración y congelación.

En fecha 23 de agosto de 2013 se promulgo el Reglamento Técnico para el Etiquetado de Eficiencia Energética de Aparatos de Refrigeración y Congelación, la cual entró en vigencia el 23/02/2014, a partir de ese momento todos los aparatos de refrigeración y congelación de uso doméstico y comerciales, alimentados con energía eléctrica y cuyo sistema de enfriamiento utiliza un moto-compresor hermético, deben tener colocada una etiqueta de Energía para su comercialización, la etiqueta debe estar visible a los consumidores [57].

2.2 Índices de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos Implementados en varios países de Latinoamérica

En este capítulo se analizarán los planes y programas de eficiencia energética para refrigeradores de uso doméstico, implementados en distintos países de Latinoamérica, esto con el fin de dar cumplimiento a uno de los objetivos específicos que se establecieron con anterioridad: "Identificar los índices de eficiencia energética para refrigeradores domésticos que están siendo aplicados por varios países de Latinoamérica y las metodologías utilizadas para la obtención"

2.2.1 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en Latinoamérica

Un refrigerador de uso doméstico, es un artefacto de producción mundial, que anualmente bordea los 80 millones de unidades, de manera que, el impacto mundial del consumo de energía eléctrica que estos sistemas requieren es considerablemente significativo [57].

De acuerdo con lo que establece Hermes y Melo, el consumo de energía eléctrica de un refrigerador doméstico debe estar en el orden de 1 kWh/día, representando aproximadamente un 20% del consumo de energía eléctrica en hogares que facturan aproximadamente 150 kWh/mes. Sin embargo, este valor varía drásticamente por varias razones, una de ellas se debe fundamentalmente a los componentes del sistema como el compresor, el condensador, el evaporador y el tubo capilar, ya que la mayor parte de energía es desperdiciada, debido a las pérdidas irreversibles que se generan, otra hace referencia al número de años de operación que tiene el equipo, pudiendo llegar a consumir más de 100 kWh/mes, dependiendo de su capacidad [58].

En este sentido, para conseguir ahorros significativos en el consumo eléctrico a nivel residencia y de paso conseguir beneficios para el medio ambiente, evitando la producción de CO₂ por generación, es imprescindible la implementación de políticas de eficiencia energética en un país.

Uno de los países precursores en la implementación de políticas de Eficiencia Energética en refrigeradores domésticos, es Estados Unidos, cuyos resultados son considerablemente notorios. Con una trayectoria que data de muchos años atrás, ya que las primeras normas de "estándar mínimo de eficiencia energética" (MEPS) fueron aplicadas en 1974 para refrigeradores a nivel estatal; en 1978 a través del National Energy Conservation Policy Act (NECPA) se estableció la obligatoriedad de estos MEPS a nivel nacional. Luego se fueron introduciendo normas cada vez más estrictas en 1990, 1993 y 2001 respectivamente. En la figura 3.1 se presenta el impacto en la reducción del consumo promedio de las refrigeradores por las medidas aplicadas entre 1974 y 2004, lo que llevó a que el consumo eléctrico se redujera en un 74% [59].

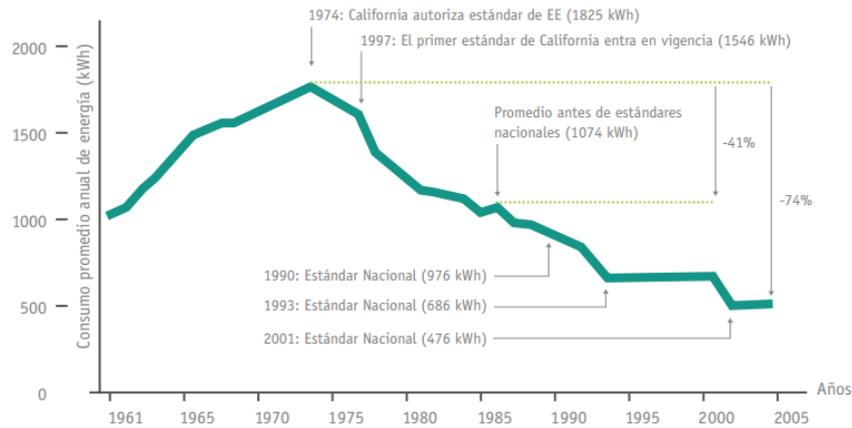


Figura 2.7 Consumo energético de refrigeradoras en Estados Unidos a través del tiempo [59]

Así mismo vale la pena mencionar el caso de Australia, que con la introducción de MEPS se ha logrado reducir el consumo promedio de los refrigeradores en casi un 40%, mientras que los precios reales de los aparatos decrecieron en un 20% [60].

En la Unión Europea, la eficiencia de los refrigeradores ha mejorado dramáticamente en la última década, en gran medida como consecuencia de un programa de etiquetado obligatorio (aplicado desde 1995) y normas de desempeño mínimo (aplicados desde 1999) (figura. 2.8). El efecto de ambos instrumentos ha sido estimado en una mejora de la eficiencia energética de estos artefactos en un 27% [61].

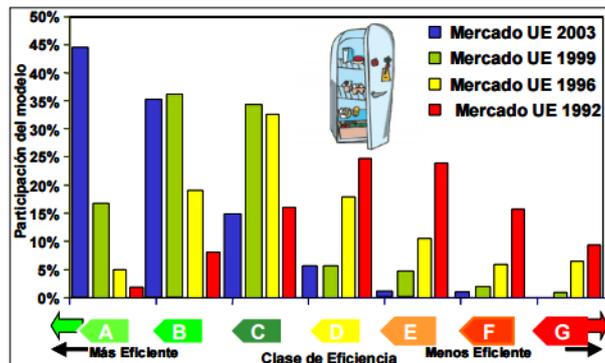


Figura 2.8 Efecto del programa de etiquetado en la Unión Europea para refrigeradores y congeladores.[61]

Por otro lado varios países de América Latina y el Caribe han introducido ya programas como parte de sus estrategias de eficiencia energética. En el caso de los programas de etiquetado, la mayoría de los países de la región tienen vigentes programas obligatorios de etiquetado de tipo comparativo en aparatos de uso doméstico, siendo la refrigeradora unos de los aparatos más relevantes. El ritmo de avance de los países de la región ha sido diverso. Por ejemplo Brasil, uno de los pioneros, inició su programa en el año 1984; entre tanto Colombia, que introdujo reglamentos voluntarios a inicios del año 2000, aprobó finalmente en 2015 el reglamento que establece el etiquetado obligatorio en todo su territorio. Por su parte, Costa Rica, inicio los programas de etiquetado en el marco de la Ley 7.447 del año 1994. Esta Ley indica que están obligados a etiquetar varios equipos. Adicionalmente existen normas voluntarias para refrigeración residencial, refrigeración comercial, CFL, aire acondicionado, entre otros [59].

En la figura 2.9 podemos observar de manera gráfica los 19 países que están implementando actualmente etiquetas en refrigeradores de uso doméstico.



Figura 2.9 Entorno global eficiencia energética en refrigeradores [62]

El estado de la situación regional de políticas y normas de refrigeración, las experiencias de varios países de la región en la promoción de los productos de refrigeración eficientes, así como los resultados del diálogo intergubernamental que tuvo lugar en Managua, Nicaragua el 20 de agosto de 2014, en el marco del VI Seminario de Eficiencia Energética de OLADE, recogen consideraciones importantes entre las cuales es necesario mencionar el ahorro que tendría lugar si se implementara estándares de eficiencia energética para refrigeradores, aires acondicionados, y ventiladores promoviendo el uso de las mejores tecnologías disponibles en el mercado. América Latina y el Caribe ahorrarían anualmente en materia energética 138 TWh y el equivalente a casi 20.000 millones de dólares en facturas eléctricas [62].

2.2.2 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradoras Domésticas en Argentina.

En Argentina, casi todos los hogares tienen algún tipo de refrigerador para la conservación de los alimentos, en la tabla 3.1 se puede estimar una proyección del consumo de energía eléctrica de los refrigeradores hasta el año 2025. Este incremento genera el interés sin objeciones por parte de los gobiernos de turno por buscar mejoras de eficiencia energética en estos aparatos de uso doméstico. En el 2001, antes de la introducción del actual programa de etiquetado de refrigeradores, el consumo medio de refrigeradores con congeladores fue estimado en 848 kWh/año, mientras que el de los refrigeradores sin un compartimiento de congelación tenía un consumo de 635 kWh/año. El consumo medio ponderado para refrigeradores fue estimado en 740 kWh/año. Al mismo tiempo, el consumo medio de los hogares fue de 2.300 kWh/año, con lo cual, se pudo estimar que el 32% del consumo residencial de electricidad corresponde al consumo del refrigerador [61].

Tabla 2.5 Proyección para el consumo de energía eléctrica de refrigeradores domésticos [61]

| | Unidad | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 | 2025 |
|---------------------------|--------|------|------|------|------|------|
| Refrigerador / Congelador | TWh | 6.9 | 8.3 | 9.3 | 9.9 | 10.5 |

Desde el año 2006 ha comenzado a implementarse, escalonadamente, el sistema de etiquetado de refrigeradores en el país. La Resolución Ex SCIyM N° 319/99 establece la aplicación obligatoria de etiquetas de eficiencia energética para un primer listado de artefactos eléctricos de uso doméstico entre los cuales se encuentran los refrigeradores y congeladores. En dichas etiquetas se informa el rendimiento o eficiencia energética, la emisión de ruido y las demás características asociadas al consumo energético del equipo, según lo indique la Norma IRAM correspondiente.

Mediante la Resolución de la SE N° 682/2013 se establecen estándares mínimos de eficiencia energética, para la comercialización de refrigeradores (1 y 2 fríos) y congeladores (Freezers) tabla 2.6 y figura 2.10.

tabla 2.6 Estándares mínimos de eficiencia energética en refrigeradores y congeladores [63]

| | Clase de Eficiencia Energética Mínima | Fecha de Implementación |
|----------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Refrigeradores | B | 06/11/2013 |
| Congeladores | B | 01/04/2014 |



Figura 2.10 Etiquetado de eficiencia energética para aparatos de refrigeración de uso doméstico [63]

Así mismo, para determinar la clase de eficiencia energética se utilizará la forma indicada en la figura 3.5, presentada en la Resolución N° 35/2005 de la Secretaría de Coordinación Técnica, para la certificación de los artefactos eléctricos de refrigeración, congelación de alimentos y sus combinaciones por ella alcanzados.

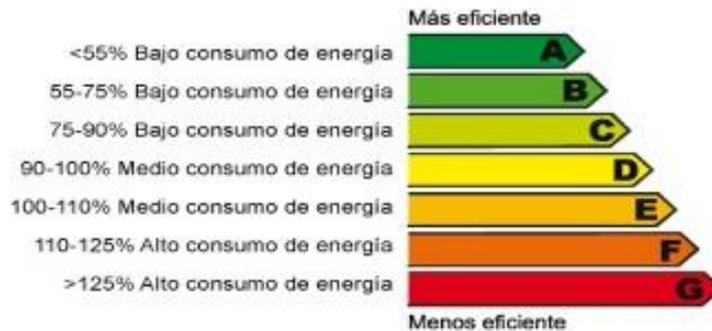


Figura 2.11 Clase de eficiencia energética [64]

El Índice *I* es el resultado de la división entre el consumo de energía medio del aparato C_{medido} obtenido en el ensayo de laboratorio, y el consumo de energía normalizado del mismo $C_{normalizado}$. Cuanto menor es este valor, más eficiente es el equipo.

$$I = \frac{C_{medido}}{C_{normalizado}}$$

Durante el año 2006 se certificaron 173 modelos de refrigeradores, mientras que en los primeros 7 meses del 2007 otros 53 lo hicieron [65], IRAM ha certificado aproximadamente el 95% del mercado de refrigeradores y congeladores y sus combinaciones.

Los resultados de la implementación de etiquetado en esos artefactos de uso doméstico se presentan a continuación en la figura 2.12

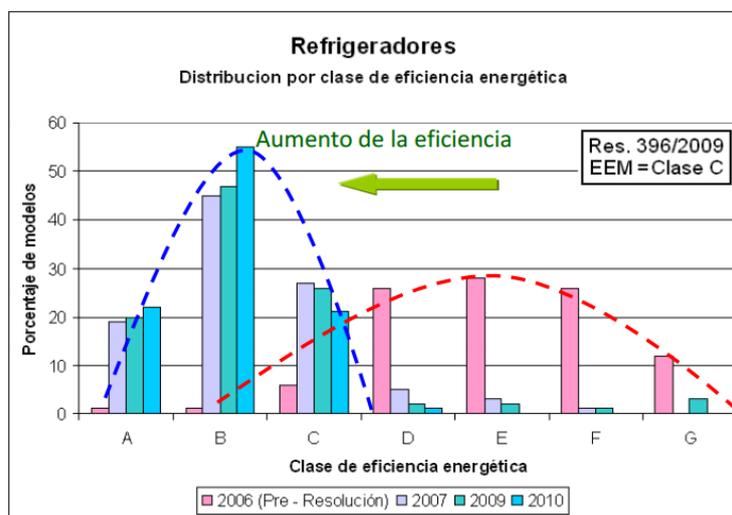


Figura 2.12 Resultados del Etiquetado de EE en Refrigeradores [66]

Puede observarse que, comparando la situación antes y después del etiquetado, ha habido, aparentemente, una mejora en la eficiencia: un corrimiento de la distribución hacia la clase B.

A continuación en la figura 2.13 se muestra la evolución del consumo energético unitario para refrigeradores, refrigeradores/congeladores y para congeladores. Se puede observar una gran reducción en los valores para refrigeradores y refrigeradores/congeladores. Esta reducción muestra el impacto del programa de etiquetado.

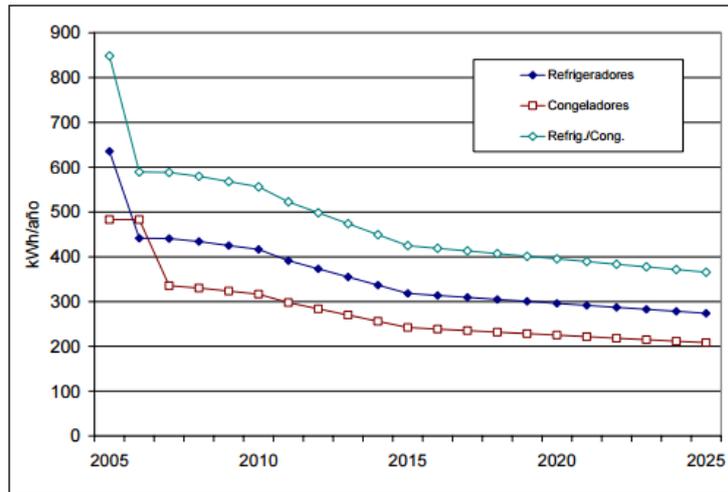


Figura 2.13 Consumo energético unitario para refrigeradoras [65]

Según la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES), la implantación del sistema de etiquetado de eficiencia resultará más que beneficiosa pudiéndosele atribuir ya un ahorro energético al 2020 de entre 2,5 a 3,9 TWh/año, una reducción de la demanda de potencia de entre 274 y 528 MW, y una disminución acumulada de las emisiones de gases de efecto invernadero de 9.100 a 14.200 Gg CO₂ para ese año.

Los números son contundentes para poder reforzar la necesidad de avanzar y mejorar estas políticas de Eficiencia Energética, cuyos resultados en la República Argentina son delatadores de resultados óptimos y positivos que podrían sin lugar a dudas ahorrar cantidades monetarias considerables.

2.2.3 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en Brasil

Después de la crisis en el sector eléctrico; ocurrida entre 2001-2002, llamada popularmente como "apagón" [67], causado principalmente por la falta de inversión en el sistema nacional de interconexión, el gobierno brasileño se vio obligado a reducir el consumo de electricidad hasta el 20% en la mayoría de los estados brasileños [68]. Estos eventos contribuyeron a que el país sufriera una retracción económica, paralizando la inversión nacional y extranjera y lo que es peor causó quiebras de empresas y desempleo en una gran parte de la población.

Tales eventos mencionados en el párrafo anterior hicieron necesario la creación de programas de control y políticas que contribuyeran con la racionalización de los recursos energéticos. Esta implementación por mejorar la eficiencia energética en este gran territorio dio lugar a una de las caminatas por conseguir un consumo sostenible en los equipos y aparatos eléctricos y electrónicos.

Dentro de todos estos programas de control, se encuentra el Programa Brasileño de Etiquetado (PBE) que es un programa de contribuye a racionalizar el uso de la energía en el Brasil y para ello se brindan datos de la eficiencia energética correspondiente a los aparatos electrodomésticos que se venden en el mercado nacional [67].

El objetivo del PBE consiste en estimular la producción y utilización de equipos más eficientes y seguros [69]. Las acciones del PBE, en el ámbito de los programas de eficiencia energética del Gobierno Federal, son coordinadas por el Instituto Nacional de Metrología, Normalización y Calidad Industrial (Inmetro) y cuentan con la colaboración de la Asociación Brasileña de Normas Técnicas, así como de las asociaciones comerciales o colegios profesionales de los distintos sectores, en función del tipo de equipo etiquetado.

La clasificación o el etiquetado en las refrigeradoras consiste en un mecanismo de difusión del rendimiento de los productos analizados en el marco del programa, se atribuye a los aparatos un color al que corresponden letras, desde la “A” (más eficiente) hasta la “E” (menos eficiente) tal y como podemos observar en la figura 2.14.

En su formato actual, el PBE consta de 38 categorías de productos y miles de modelos etiquetados.

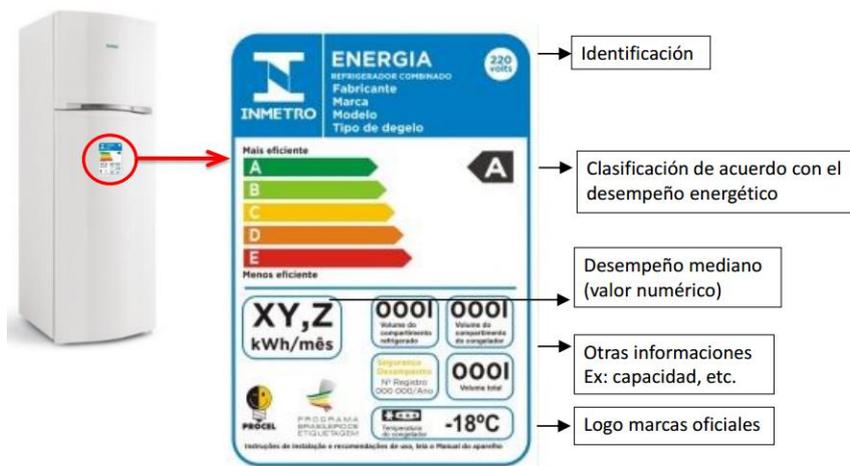


Figura 2.14 Etiqueta utilizada en nevera [70]

En diciembre de 1985 se creó el Programa Nacional de Conservación de la Energía Eléctrica (PROCEL) y para el año 1991 este programa se transformó en un programa del gobierno, de esta manera se ampliaron sus responsabilidades y sus incumbencias [71].

El PROCEL establece metas de reducción de «gastos innecesarios de energía» que son consideradas en el planeamiento del sector eléctrico y dimensiona las necesidades de expansión de la oferta de energía y de transmisión.

El Sello PROCEL figura 2.15 de Economía de Energía, o simplemente el Sello PROCEL, fue instituido por medio del Decreto presidencial de diciembre de 1993 [71].



Figura 2.15 Sello PORCEL en refrigeradores [72]

Los productos etiquetados que permitan alcanzar el mejor rendimiento (aspectos específicos de consumo de energía) en su categoría reciben un sello de eficiencia energética. Esto no necesariamente significa que un aparato etiquetado con la letra A tenga este sello, un equipo A puede no ser el más eficiente y así no tener el Sello Procel.

Dentro de los equipos a etiquetar se encuentran los refrigeradores, estos aparatos están al lado de las duchas eléctricas como los mayores consumidores de electricidad dentro de una residencia, su consumo de energía corresponde al 30% en toda la residencia (ver figura 2.16).

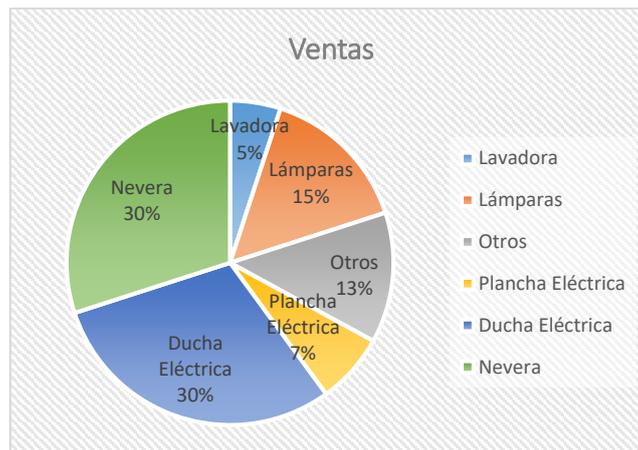


Figura 2.16 Distribución porcentual por usos finales de Consumo de Electricidad. Adaptado de [68]

Para definir las diferentes categorías a las cuales corresponden cada una de los modelos de refrigeradores que se distribuyen actualmente en Brasil, se hace uso de índices de eficiencia.

En las tablas 2.7 (equipos que utilizan R141b como agente de expansión de espumas) y 2.8 (equipos que utilizan Ciclopentano como agente de expansión de espumas), se puede observar los niveles mínimos de clases de eficiencia energética para los diferentes tipos de refrigeradores y congeladores y combinados.

Tabla 2.7 Valores mínimos de Índices de Eficiencia en refrigeradores y congeladores [73]

| Clase | Refrigerador | Combinado | Combinado frost-free | Congelador vertical | Congelador vertical frost-free | Congelador horizontal |
|-------|--------------|-----------|----------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|
| A | 0,820 | 0,820 | 0,812 | 0,820 | 0,820 | 0,820 |
| B | 0,893 | 0,893 | 0,884 | 0,893 | 0,893 | 0,893 |
| C | 0,972 | 0,972 | 0,963 | 0,972 | 0,972 | 0,972 |
| D | 1,059 | 1,059 | 1,049 | 1,059 | 1,059 | 1,059 |
| E | > 1,059 | > 1,059 | > 1,049 | > 1,059 | > 1,059 | > 1,059 |

Tabla 2.8 Valores mínimos de Índices de Eficiencia en refrigeradores y congeladores [73]

| Clases | Refrigerador | Combinado | Combinado frost-free | Congelador vertical | Congelador vertical frost-free | Congelador horizontal |
|--------|--------------|-----------|----------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------|
| A | 0,855 | 0,855 | 0,846 | 0,855 | 0,855 | 0,855 |
| B | 0,931 | 0,931 | 0,921 | 0,931 | 0,931 | 0,931 |
| C | 1,014 | 1,014 | 1,003 | 1,014 | 1,014 | 1,014 |

| | | | | | | |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| D | 1,104 | 1,104 | 1,092 | 1,104 | 1,104 | 1,104 |
| E | > 1,104 | > 1,104 | > 1,092 | > 1,104 | > 1,104 | > 1,104 |

Luego de haber implementado el etiquetado con el sello Procel en refrigeradores de uso doméstico como se puede observar en la figura 2.17, ha existido una disminución de consumo eléctrico de hasta un 36% en el año 2009, lo que representa un ahorro considerable para el bolsillo de la población brasileña.

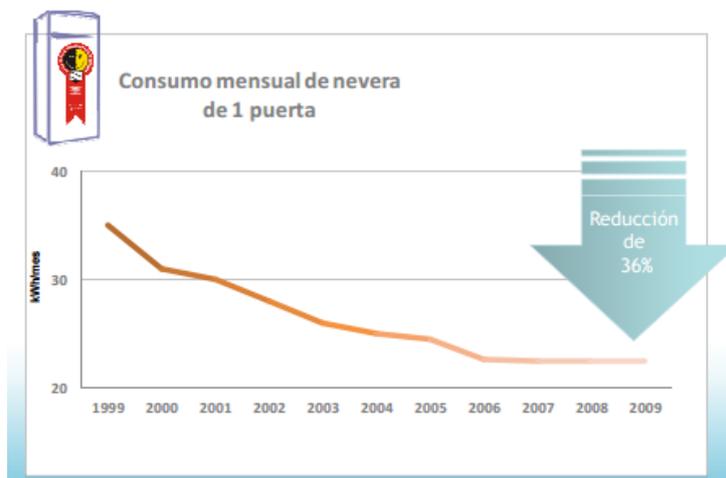


Figura 2.17 Reducción en consumo eléctrico con sello PORCEL [74].

2.2.4 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en Chile

En Chile de acuerdo a diversos estudios que se han desarrollado el refrigerador es el artefacto que más energía eléctrica consume en los hogares [75].

Mejorar la eficiencia energética de los artefactos domésticos es un tema relevante para avanzar en las políticas de sustentabilidad. De acuerdo a diversos expertos, estudios y recomendaciones internacionales [75].

La Norma Oficial Chilena en Eficiencia Energética - Refrigeradores, congeladores y refrigeradores-congeladores de uso doméstico - Clasificación y Etiquetado es la NCh3000.Of2006 que establece la metodología para la clasificación de refrigeradores, congeladores y refrigeradores-congeladores de uso doméstico alimentados por la red eléctrica de acuerdo con su desempeño energético.

Además, indica el método de ensayo y las características de la etiqueta de eficiencia energética. Esta norma también establece los requisitos que debe cumplir la etiqueta de eficiencia energética de los aparatos [76].

Los modelos etiquetados por año por clase de eficiencia energética en refrigeradores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.9 Etiquetados por año Adoptado de [77]

| Etiqueta | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|------------|------|------|------|------|------|------|
| A++ | 3 | 16 | 29 | 52 | 35 | 39 |
| A+ | 12 | 22 | 36 | 60 | 90 | 112 |
| A | 75 | 98 | 97 | 71 | 103 | 106 |
| B | 88 | 123 | 126 | 92 | 66 | 52 |
| C | 12 | 21 | 22 | 15 | 4 | 3 |

| | | | | | | |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| D | 8 | 9 | 8 | 4 | 5 | 0 |
| E | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| F | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| G | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 199 | 290 | 320 | 294 | 304 | 312 |

El consumo energético en refrigeradores comparado con otros electrodomésticos es:

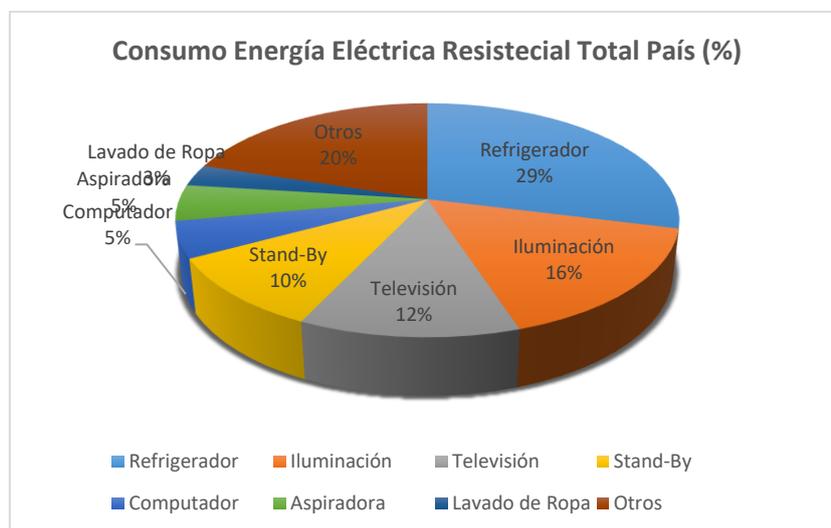


Figura 2.18 Consumo Energético Adaptado de [77]

En Chile se ha visto la necesidad de realizar la etiqueta de eficiencia energética, como una herramienta pensada para facilitar a los consumidores el buen uso de la energía, la cual debe contener aparte de la eficiencia energética información como vida útil en el caso de lámparas y el consumo mensual en el de refrigeradores [75].

Las principales variables que se utilizan para seleccionar un artefacto para ser etiquetado son:

- Peso del artefacto en el consumo energético en las viviendas;
- Existencia de normas técnicas a nivel internacional;
- Disponibilidad tecnológica para generar cambios en el mercado;
- Evolución de las ventas anuales en el tiempo;
- Proyección de las ventas a futuro;
- Ciclo de vida de los productos [76].

En esta etiqueta de eficiencia energética se encuentran dos partes, en la parte izquierda se encuentra la matriz que contiene las categorías energéticas, unidades y conceptos sobre los que se va a dar información. En la parte derecha se ubica la ficha que contiene los datos específicos que corresponden al electrodoméstico que lleva la etiqueta [75] como se puede observar en la siguiente figura.

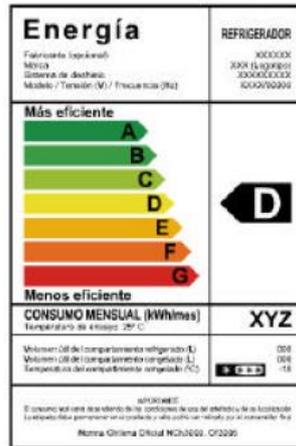


Figura 2.19 Etiqueta de Eficiencia Energética de Refrigerador de acuerdo a normas NCh. [78]

Para ello, en Chile se contempla el recambio de tecnologías que permitan incentivar el reemplazo de tecnología obsoleta. Por ejemplo: los refrigeradores e iluminación representan casi 60% del consumo eléctrico en los hogares, el Plan y la Superintendencia de Electricidad implementaron un etiquetado para estos artefactos, y luego promoverá estándares mínimos (MEPS) y el recambio de estos electrodomésticos, dado su impacto en el consumo de los hogares. Tanto el etiquetado de eficiencia energética como los estándares mínimos, apuntan a modificar la oferta y la demanda de artefactos nuevos hacia una mayor eficiencia energética [77].



Figura 2.20 Etiqueta de eficiencia energética [79]

Con estos etiquetados en artefactos domésticos y sobre todo en refrigeradores va a permitir al consumidor final obtener información del consumo energético del artefacto mejorando de esta manera la vida de los chilenos y ayudando al medio ambiente.

2.2.5 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradoras Domésticas en Colombia.

Con el fin de incentivar y generalizar la eficiencia energética, el gobierno colombiano ha aprobado una serie de normas y regulaciones enfocadas en el uso eficiente de la energía haciendo de esto una reducción considerable de la demanda y costos de energía proporcionando grandes beneficios a corto y mediano plazo [80].

El organismo colombiano de Normas Técnicas y Certificación se llama ICONTEC siendo esta una entidad privada sin fines de lucro brindando ayuda al productor y al consumidor según el Decreto 2269 de 1993 y cuya actualización fue realizada por el Consejo Directivo de 2009-10-21 [80].

Dentro de esta norma se encuentran otros tipos de normas que hacen referencia a artefactos refrigeradores y refrigeradores domésticos como son:

- NTC 2078, Artefactos refrigeradores domésticos con o sin compartimiento de baja temperatura.
- NTC 4097, Artefactos refrigeradores sin escarcha para uso doméstico. Refrigeradores con compartimiento para congelar alimentos o almacenar alimentos congelados y congeladores de alimentos que utilizan circulación de aire forzada
- NTC 4298, Artefactos domésticos para almacenamiento de alimentos congelados y congeladores domésticos de alimentos.
- NTC 4371, Artefactos refrigeradores domésticos. Refrigeradores con compartimiento congelador [80].

El gobierno colombiano en el año 2001 declaró el uso racional y eficiente de la energía por lo cual se creó el Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y fuentes no convencionales – PROURE, conjuntamente con este proyecto se inicia la implementación del Proyecto de Normalización y Etiquetado de Eficiencia Energética en Colombia (N&E Colombia) que pretende:

- Permitir a los usuarios al momento de comprar un equipo saber el consumo de energía.
- Eliminar las barreras claves para la comercialización masiva de equipos eficientes de uso final como refrigeradores y/o congeladores (para uso doméstico y comercial), lámparas fluorescentes compactas, de vapor de sodio y mercurio, balastos, acondicionadores de aire, calentadores de agua, lavadoras, gasodomésticos y motores de inducción de uso industrial.

Dicho etiquetado es colocado en el electrodoméstico como rótulo impreso en donde se encuentra la información específica sobre un equipo y su consumo o desempeño energético del electrodoméstico como se tiene en la siguiente ilustración.

La etiqueta debe ser colocada en el electrodoméstico como rótulo o marbete impreso en donde se encuentra la información específica sobre un equipo y su consumo o desempeño energético del electrodoméstico [80] es de color amarillo y letras negras para que pueda observar el consumidor al momento de realizar la compra como se puede ver en la figura 2.21 [81].

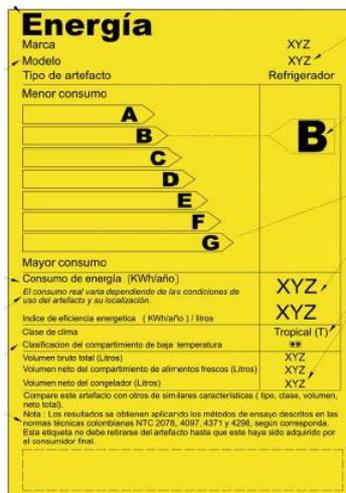


Figura 2.21 Etiquetado de Refrigeradores domésticos [81]

Para el año 2015 El Ministerio de Minas y Energía expidió el Reglamento Técnico de Etiquetado Energético – RETIQ, reglamento emitido el 18 de septiembre de 2015 [81]. Este Reglamento Técnico de Etiquetado con fines de Uso Racional de Energía conocido también como RETIQ, deberá ser atendido en el proceso de comercialización en Colombia de equipos que usan la electricidad y gas combustible como fuentes de energía, determinados en su campo de aplicación, tanto de producción nacional como importados.

El RETIQ debería haber entrado en vigencia el 31 de agosto de 2016 haciendo exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración doméstica, acondicionadores de aire para recintos, motores monofásica y trifásica de inducción, balastos para iluminación fluorescente y lavadora de ropa. Un año después será exigible el porte de etiquetas para equipos de refrigeración comercial, calentadores de agua eléctricos (tipo acumulación), acondicionadores de aire unitarios, calentadores de agua a gas (Tipo acumulación y de paso) y gas doméstico para cocción de alimentos [82].

La clasificación de equipos de refrigeración, se muestra a continuación. Vale mencionar que para determinar esta clasificación se basaron en indicadores de eficiencia energética, con adaptaciones propias de las Directivas de la Unión Europea.

En las tablas tabla 2.10 (se aplicará desde la entrada en vigencia del reglamento) y tabla 2.11 (se aplicará a los tres años de la entrada en vigencia del reglamento) que se establecen los rangos de clasificación de equipos de refrigeración para uso doméstico, los cuales serán aplicables en el etiquetado.

Tabla 2.10 Rangos indicadores de eficiencia energética para refrigeradores y congeladores Adaptado de [82]

| Ahorro Relativo Ar (%) | Rango de eficiencia energética |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Ar > 56 | A |
| 56 > Ar ≥ 45 | B |
| 45 > Ar ≥ 35 | C |
| 35 > Ar ≥ 25 | D |
| 25 > Ar ≥ 15 | E |
| 15 > Ar ≥ 0 | F |

Tabla 2.11 Rangos indicadores de eficiencia energética para refrigeradores y congeladores exigibles tres años después de entrada en vigencia del RETIQ Adaptado de [82]

| Ahorro Relativo Ar (%) | Rango de eficiencia energética |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Ar > 78 | A |
| 78 > Ar ≥ 67 | B |
| 67 > Ar ≥ 56 | C |
| 56 > Ar ≥ 45 | D |
| 45 > Ar ≥ 25 | E |
| 25 > Ar ≥ 5 | F |
| 5 > Ar ≥ - 10 | G |

El ahorro relativo (Ar) en porcentaje se deberá determinar así:

$$Ar = \frac{(SC\alpha - AC)}{SC\alpha} \times 100(\%) \quad [82]$$

Donde:

Ar: es el ahorro relativo del equipo bajo prueba, respecto del consumo de referencia, establecido bajo condiciones normalizadas.

AC: Consumo de energía anual del aparato, determinado como Consumo de Energía en un periodo de prueba de 24 horas * 364 días

SCα: Consumo de energía anual normalizado de referencia

2.2.6 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en el Ecuador.

Desde hace varios años Ecuador ha presentado un incremento de consumo de energía por lo que se ha planteado desarrollar proyectos que ayuden al uso racional de la energía en los diferentes sectores del país [83] y de conformidad con lo dispuesto en la Constitución Política de la República del Ecuador se establece que las personas tienen la libertad de elegir bienes y servicios de óptima calidad [84].

En el Ecuador se ha creado el Proyecto “Sustitución de Refrigeradoras ineficientes”, este proyecto trata de sustituir refrigeradores en todo el territorio nacional con un aproximado de 330.000 refrigeradores de uso eficiente por refrigeradores que han tenido un funcionamiento de 10 años de esta manera se ayuda a disminuir el consumo energético [83].

Este proyecto se inició en el año 2011 con una duración de 5 años para lo cual se tiene previsto que al finalizar dicho proyecto se pueda obtener un ahorro de energía eléctrica de 215.780 MWh/año, lo que representa al país un ahorro económico de USD 26.972.550 considerando un costo de la energía de 12.5 cUSD/kWh [86], sin embargo datos obtenidos en un trabajo de investigación con corte a abril del 2014 se logró una sustitución de 28.251 refrigeradores a nivel nacional [83], en otro trabajo de investigación se ha podido verificar que con corte a enero de 2015 y de acuerdo a las cuotas planificadas de refrigeradores, se sustituido un 15.28%, que significa un total de 50.426 refrigeradores domésticos[120],

La Norma 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 en la que se establece que a partir de marzo de 2011 se permite únicamente la comercialización de aparatos de refrigeración de rango energético A [88], pero desde julio de 2014 se realiza el etiquetado de refrigeradores domésticos en el Ecuador bajo una norma técnica ecuatoriana NTE INEN-IEC 62552 “Aparatos Domésticos de Refrigeración - Características y Métodos de Ensayo (IEC 62552:2007, IDT)” y es aplicada para refrigeradoras de fabricación nacional y para refrigeradoras que son importadas [85], se establece los procedimientos y requisitos para reportar los valores de consumo de energía de referencia (CER) y los rangos de consumo de energía que presentan los refrigeradores, 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 [83].

La etiqueta de eficiencia energética de un electrodoméstico indica que la letra A es la de menor consumo energético de un refrigerador en un hogar y la letra G es la de mayor consumo energético observándose en la siguiente figura

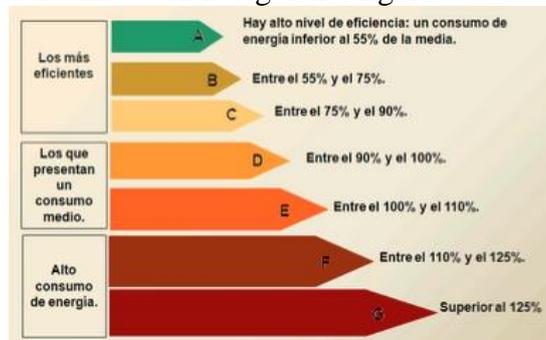


Figura 2.22 Etiquetado de refrigeración doméstico[88]

Los refrigeradores domésticos vienen con un Índice de eficiencia energética que indica como es el consumo energético en cada uno de las letras como se ve en la tabla 2.12.

Tabla 2.12 Clase de eficiencia energética Adaptado de [89]

| Índice de Eficiencia Energética: I | Clase de Eficiencia Energética |
|------------------------------------|--------------------------------|
| $I < 55$ | A |
| $55 \leq I < 75$ | B |
| $75 \leq I < 90$ | C |
| $90 \leq I < 100$ | D |
| $100 \leq I < 110$ | E |
| $110 \leq I < 125$ | F |
| $125 \leq I$ | G |

Siendo:

- Índice de eficiencia energética = Consumo de energía medido del aparato
- I Consumo de energía normalizado del aparato (expresado en porcentaje);
- Consumo de energía normalizado del aparato = $M \times \text{Volumen Ajustado} + N$ (expresado en kW.h/año), y
- Volumen ajustado = Volumen del compartimiento de alimentos frescos + $\Omega \times \text{Volumen del compartimiento de alimentos congelados}$ (expresado en litros).

Todos los artefactos deben llevar dos etiquetas de consumo de energía que debe ir adherida al artefacto y no debe removerse del producto hasta después de que éste haya

sido adquirido por el consumidor final, dichas etiquetas debe estar ubicada en un lugar visible al consumidor, la una etiqueta debe especificar lo eficiente que es el artefacto y la otra etiqueta que debe emplearse es de color amarillo (DIN 6164, color 3:5:2) y letras negras [87], como se observa en la figura 2.23



Figura 2.23 Etiquetado de refrigeración doméstico[84]

2.2.7 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en España

Las familias españolas son las responsables del 30% del consumo de energía del país por tal motivo la eficiencia energética se presenta como uno de los pilares fundamentales de la política energética. Esto se debe a su contribución a afrontar los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la seguridad energética y la mejora de la competitividad de la economía [90].

Dentro de la eficiencia energética en España se ha creado una norma 2003/66/CE etiquetado energético de frigoríficos, congeladores y aparatos combinados electrodomésticos, Diario Oficial L 170 de 9.7.2003 [90], que gracias al etiquetado energético, los consumidores pueden elegir los productos que consumen menos energía y de esta forma ahorrar dinero. Además, este etiquetado puede animar a las empresas a invertir en el desarrollo y diseño de productos de bajo consumo.

Todos los aparatos vendidos en la UE para los que exista una obligación o norma de etiquetado energético deben llevarlo y debe estar claramente expuesto en el punto de venta [91].

Los productos que requieren etiquetado energético son los siguientes:

- Acondicionadores de aire
- Aparatos de cocina (de uso doméstico)
- Lavavajillas (de uso doméstico)
- Radiadores y calentadores
- Bombillas (direccionales y LED)
- Bombillas (de uso doméstico)
- Bombillas (fluorescentes)
- Aparatos de calefacción local

- Aparatos de refrigeración (de uso doméstico)
- Aparatos de refrigeración (de uso profesional)
- Calderas de combustible sólido
- Televisores
- Secadoras
- Aspiradores
- Unidades de ventilación (residenciales)
- Lavadoras (de uso doméstico) [91]

Con el etiquetado energético se busca que los compradores de electrodomésticos, aparatos de climatización o coches consideren la eficiencia energética como un factor más a tener en cuenta en la decisión de compra y al mismo tiempo promover el ahorro energético y la protección medioambiental [92].

La eficiencia energética de los frigoríficos, congeladores y aparatos combinados electrodomésticos se clasifica en 9 niveles, los 7 niveles de la A a la G y los niveles A+ y A++. Los dos últimos niveles de eficiencia energética se añadieron debido a la presencia en el mercado, en el año 2000, de más del 50 % de frigoríficos de la clase A [92].

Los niveles de eficiencia energética van desde A ++ que significa que tiene un consumo de menos del 30% de consumo energético hasta G el cual tiene un nivel superior al 125% de consumo energético en un hogar en España

| | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| LOS MÁS EFICIENTES menor consumo |  | Consume menos del 30 % del consumo medio |
| |  | Consume entre el 42 % y el 30 % |
| MÁS EFICIENTES QUE LA MEDIA |  | Entre el 55 % y 42 % |
| |  | Entre el 75 % y 55 % |
| Nivel D de eficiencia media |  | Entre el 90 % y 75 % |
| |  | Media 90-100 % consumo |
| |  | Entre el 110% y el 100 % |
| POCO EFICIENTES mayor consumo |  | Entre el 125 % y el 110 % |
| |  | Superior al 125 % consumo medio |

Figura 2.24 Niveles de Eficiencia Energética [93]

El consumo de un frigorífico de clase A ++, es de 197 KWh/año lo que supone un gasto de 27,6 € en consumo de energía frente a los 38,6 € de gasto de un frigorífico de clase A+.

Tabla 2.13 Comparativa de clases de eficiencia energética frigoríficos Adaptado de [93]

| Equipo | Precio |
|------------------------|---------|
| Equipo clase A | 617.2 € |
| Equipo clase D | 473.8 € |
| Diferencia | 143.3€ |
| % de incremento precio | 30,3% |

| | |
|--------------------------------------------------|------|
| Ahorro KWh/año | 296 |
| Años de recuperación de la diferencia de precios | 3,46 |

En la siguiente figura se puede observar el etiquetado energético de un refrigerador.

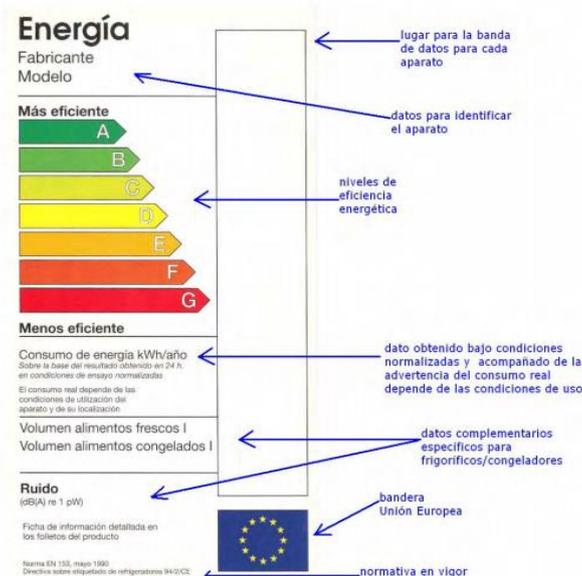


Figura 2.25 Parte estándar de la etiqueta energética [93]

2.2.8 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en México

El Gobierno Mexicano viene implementando normas de desempeño energético mínimo desde 1995, año en el que entraron en vigor las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética para refrigeradores, acondicionadores de aire y motores eléctricos trifásicos.

En el año 2012 se expide la Norma Oficial Mexicana Nom-015-ener-2012, Eficiencia Energética de Refrigeradores y Congeladores Electrodomésticos. Límites, Métodos de prueba y Etiquetado [94].

La presente Norma Oficial Mexicana establece la actualización de los límites de consumo de energía máximos para refrigeradores, refrigeradores-congeladores, y congeladores, establece los métodos de prueba para determinar dicho consumo de energía y calcular el volumen refrigerado total, y especifica la etiqueta de consumo de energía y su contenido [94].

El consumo residencial de energía eléctrica en México es aproximadamente el 70% que proviene de la iluminación y el uso de refrigeradores [95], se observa en la figura 2.26

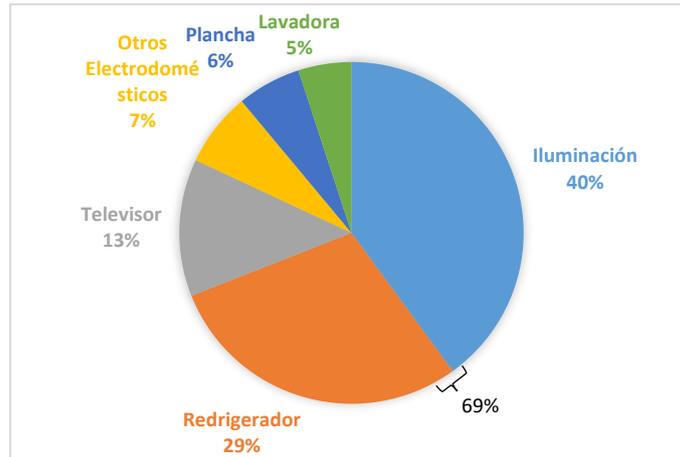


Figura 2.26 Consumo de electricidad por aparato Adaptado de [95]

Los refrigeradores y calentadores nuevos, tienen una etiqueta amarilla llamada “Etiqueta de Eficiencia energética”, la cual ayuda a ver cuánta energía gastará el aparato que el consumidor acaba de adquirir [96].

La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) desglosa esta etiqueta en 8 puntos, recomienda que se adquiera el que mayor porcentaje de ahorro de energía, mostrándose en la figura 2.27 los números que a continuación se explican.

- 1 nombre de etiqueta, los refrigeradores eficientes aseguran que estos refrigeradores tienen incorporada la tecnología de ahorrar energía
- 2 Consumo de energía eléctrica (kWh).
- 3 Métodos de prueba y etiquetado, elaborada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).
- 4 Son las características o datos generales del refrigerador que se va a adquirir.
- 5 Es el consumo máximo de energía eléctrica de un refrigerador en un año (KWh/año)
- 6 Es el consumo de energía eléctrica promedio en un año (KWh/año)
- 7 Es el porcentaje de ahorro de energía adicional que este equipo ofrece, el consumo de energía es 13% menor al establecido.
- 8 Consideraciones importantes para la compra un refrigerador [96].



Figura 2.27 Etiqueta en un Refrigerador doméstico [96]

Los ahorros energéticos económicos y ambientales obtenidos por la aplicación de programas han ayudado a diferir inversiones, preservar el medio ambiente y evitar que el pueblo mexicano se convierta en una puerta abierta a la “ineficiencia energética” [94].

2.2.9 Programas de Eficiencia Energética para Refrigeradores Domésticos en Perú

La eficiencia energética (EE) comenzó a practicarse intensivamente a partir de 1973 como consecuencia de la crisis del petróleo, en los últimos años está cobrando más importancia ya que, según la Agencia Internacional de Energía (AIE), es la única alternativa que podría ayudar a reducir en un 72% las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [97].

En otras palabras podemos decir, el uso eficiente de la energía permite consumir menos energía, disponer de potencial de utilización de la energía eléctrica, producir menor cantidad de desperdicios de energía y tener menores niveles de contaminación [97].

Dentro de los proyectos que está implementando Perú se encuentra el uso racional de refrigeración, que está siendo impulsado por el Comité Técnico de Normalización de Uso Racional de Energía y Eficiencia Energética en Aparatos de refrigeración, que se basa en el reglamento delegado No. 1060/2010 Etiquetado de refrigeración de los aparatos de refrigeración y Método de ensayo: IEC 62552:2007 Aparatos de refrigeración para uso doméstico – Características y métodos de ensayo. ¿IEC 62552:2015? IEC 60704-2-14:2013 Medición del ruido [97].

| ENERGIA | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Fabricante | XYZ |
| Modelo | XYZ |
| Tipo de Artefacto | Refrigerador |
| Más eficiente (Menor consumo)  | B |
| Menos eficiente (Mayor consumo) Consumo de energía (kWh/año) <small>El consumo real varía de dependiendo de las condiciones de uso del artefacto y su localización</small> Consumo de energía específico (kWh/año)/litro | XYZ |
| Clase de clima | TROPICAL(T) |
| Clasificación del compartimento de baja temperatura  |  |
| Volumen neto de alimentos frescos (litros) | XYZ |
| Volumen neto del congelador(litros) | XYZ |
| Ruido dB(A) re 1 pW | XYZ |
| <small>Compare este producto con otros de similares características. Los resultados se obtienen aplicando los métodos de ensayo descritos en las Normas Técnicas Peruanas e Internacionales correspondientes. Esta etiqueta no debe retirarse del artefacto hasta que esta haya sido adquirido por el consumidor final.</small> | Entidad Certificadora |

Figura 2.28 Etiqueta utilizada en Perú [97]

Con el etiquetado de artefactos el Ministerio de Energía y Minas (MEM) apunta no sólo al ahorro de energía y a la protección del medio ambiente desde el hogar, sino también al desarrollo de tecnologías eficientes por parte de las empresas productoras de artefactos, al ahorro en los usuarios y a mejorar la cultura de protección al consumidor [98].

2.3 Análisis comparativo de los Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica.

En este capítulo se realizará un análisis comparativo de índices de eficiencia y otros datos relevantes como son: normas y requisitos de procedimientos de pruebas internacionales de refrigeradores domésticos. Esta comparación nos permitirá tener una visión general de lo que hasta ahora se está llevando a cabo con respecto a la implementación de medidas de eficiencia energética en equipos de refrigeración doméstica en estas regiones. Así mismo, este análisis dará cumplimiento a uno de los objetivos específicos: “Establecer un análisis comparativo de los índices de eficiencia energética en refrigeración doméstica en Latinoamérica”

2.3.1 Normas técnicas nacionales e internacionales para Artefactos de Refrigeración Doméstica

Una norma técnica o estándar, es un documento expedido y oficializado por algún organismo reconocido que por lo general suele ser una entidad gubernamental, elaborada para poder garantizar a la población, un determinado nivel de calidad en bienes productos y servicios. Es creada con el consenso de todas las partes interesadas e involucradas en una actividad (fabricantes, administración, consumidores, laboratorios, centros de investigación) [98].

Principales ventajas de las normas:

Garantizan criterios de seguridad (de productos, personas, producción, uso, etc.).

Posibilitan la difusión y la armonización de las mejores prácticas.

Presentan un marco armonizado, estable y globalmente reconocido.

Pueden apoyar el crecimiento económico.

Pueden minimizar los obstáculos técnicos al comercio [99][100].

2.3.2 Organismos Internacionales para los Procedimientos de prueba en Refrigeradores Domésticos

Los ensayos en todo equipo de refrigeración se encuentran regularizados por dos de los organismos internacionales más importantes de estandarización y normalización para el sector de RAC (refrigeration and air conditioning), estos son: ISO e IEC.

La ISO (Organización Internacional de Estandarización) ha desarrollado y modificado varias normas referentes a ensayos en equipos de RACC, teniendo como último trabajo, lo publicado en la norma ISO 15502:2005 titulada “Aparatos de refrigeración doméstica. Características y métodos de ensayo” [101].

La norma ISO 15502:2005 tiene por alcance especificar las características esenciales de los aparatos de refrigeración doméstica, montando en fábrica y enfriado por convección natural interna o por circulación forzada de aire, y establece métodos para comprobar las características. Se trata de pruebas de tipo, y por ello, cuando se verifica el rendimiento

de un aparato de refrigeración de un tipo determinado en relación con esta Norma Internacional es necesario, siempre que sea posible, que todas las pruebas especificadas se apliquen a una sola unidad. Las pruebas también pueden aplicarse individualmente para el estudio de una característica en particular [102].

La IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) es una organización mundial creada para la normalización y comprende todos los comités electrotécnicos nacionales. Se centra principalmente en las cuestiones de seguridad de las tecnologías eléctricas y electrónicas y los dispositivos con componentes electrónicos o que utilizan o consumen electricidad [100].

La IEC en un acuerdo formal con la ISO, busca evitar la duplicidad de normas y la contradicción entre las mismas. Este organismo realizó la Norma Internacional IEC 62552 publicada como “Aparatos de Refrigeración para uso doméstico “y bajo la responsabilidad del comité técnico IEC 59, cancela y reemplaza a la Norma Internacional ISO 15502 que trata del ensayo y clasificación de aparatos de refrigeración para uso doméstico [103].

La Asociación de Fabricantes de Electrodomésticos (AHAM, por sus siglas en inglés) es un organismo establecido en Estados Unidos y en Canadá, cuyo objetivo es atender las necesidades de los fabricantes de electrodomésticos. Esta entidad tiene en su haber la AHAM HRF-1:2008 definida como “Energy and Internal Volume of Refrigerating Appliances”, que abarca con varios procedimientos de prueba a todas las marcas y modelos de refrigeradoras eléctricas, refrigeradoras-congeladores o congeladores para medir el desempeño [103].

El Comité de Normas Industriales Japonesas (JIS por sus siglas en inglés) tiene como norma vigente la JIS C 9607:1999 definida como “Household electric refrigerators, refrigerator-freezer and freezers” y se encuentra orientada a los ensayos en equipos de refrigeración doméstica, entre los cuales se puede mencionar: refrigeradores eléctricos y refrigeradores-congeladores verticales de uso doméstico con un volumen máximo de 400 litros [103].

Otra normativa que finalmente será tratada, son las normas australianas (AS, por sus siglas en inglés) y las Normas Neozelandesas (NZS, por sus siglas en inglés) que crearon la AS/NZS 4474:2007 determinada como “Performance of household electrical appliances-Refrigerating Appliances”. Este documento se divide en dos partes: la primera comprende el consumo energético y rendimiento; y la segunda en los requerimientos mínimos y etiquetado [104].

2.3.3 Procedimientos de prueba en Refrigeradores Domésticos utilizados en países Latinoamericanos

Debido a la tecnología de refrigeración ineficiente en los mercados de muchos países, éstos se han visto obligados a limitar su consumo de acuerdo a la realidad previa utilizando el etiquetado de eficiencia energética como una guía para la definición de los estándares. Para establecer los valores de los estándares mínimos de eficiencia energética, muchos países cuentan con reglamentos, normas y guías, dictadas por consejos técnicos donde especifican cada uno de estos valores.

En la tabla 2.14 se puede observar el año y el país que han implementado estándares mínimos de eficiencia en equipos de refrigeración doméstica

Tabla 2.14 Implementación estándares mínimos eficiencia energética por país y año Adaptado de [74]

| Año | País |
|------------|---------------------------------------|
| 1966 | Francia |
| 1976 | U.S |
| 1978 | Canadá |
| 1981 | Taipéi - China |
| 1983 | Rusia |
| 1985 | Israel |
| 1986 | Australia; Nueva Zelanda |
| 1989 | China; Noruega |
| 1992 | Unión Europea; Corea del Sur; Jamaica |
| 1993 | Rep. Checa |
| 1995 | México, Polonia |
| 1996 | Costa Rica; Rumania |
| 1998 | Colombia; Hungría; Irán; Venezuela |
| 2003 | Egipto |
| 2004 | Túnez |

Vale la pena mencionar que desde el 2004 a la fecha se han agregado más países que han ido actualizando las normativas específicas, de acuerdo a sus realidades.

Como ya se mencionó anteriormente, cada país define el estándar mínimo de eficiencia energética que se aplicará a los aparatos electrónicos.

2.3.3.1 Argentina y Chile

Argentina implementó el etiquetado de eficiencia energética para aparatos de refrigeración doméstica el año 2006. El modelo utilizado es el mismo que el utilizado en la Unión Europea y Chile.

La forma en que se define el estándar mínimo de eficiencia energética para los aparatos de refrigeración doméstica es por medio del Índice de Eficiencia Energética [74].

Los aparatos de refrigeración del tipo de compresión de vapor deberán cumplir con los límites mostrados en la tabla 2.15.

Tabla 2.15 Límites de consumo energético en Unión Europea para refrigeradores Adaptada de [74]

| Fecha de Aplicación | Índice de Eficiencia Energética (IEE) |
|---------------------|---------------------------------------|
| 1 de julio de 2010 | IEE < 55 |
| 1 de julio de 2012 | IEE < 44 |
| 1 de julio de 2014 | IEE < 42 |

Junto con la especificación de requisitos de rendimiento, la Unión Europea (que será utilizado por Argentina y Chile) también generó un cambio en el diseño de la etiqueta de eficiencia energética, segmentando la escala de eficiencia A hasta A+++.

Tabla 2.16 Nuevos límites etiqueta de eficiencia energética en refrigeradores Adaptada de [74]

| Clase de Eficiencia Energética | Índice de Eficiencia Energética |
|--------------------------------|---------------------------------|
|--------------------------------|---------------------------------|

| | |
|-------------------------|-----------------|
| A+++ (el más eficiente) | EEI < 22 |
| A++ | 22 ≤ EEI < 33 |
| A+ | 33 ≤ EEI < 44 |
| A | 44 ≤ EEI < 55 |
| B | 55 ≤ EEI < 75 |
| C | 75 ≤ EEI < 95 |
| D | 95 ≤ EEI < 110 |
| E | 110 ≤ EEI < 125 |
| F | 125 ≤ EEI < 150 |
| G (menos eficiente) | 150 ≤ EEI |

2.3.3.2 Brasil

En Brasil mediante la Ordenanza Interministerial N° 362, de diciembre de 2007, de los Ministerios de Minas y Energía; Ciencia y Tecnología; e Industria y Comercio Exterior; regula los niveles máximos de consumo de energía eléctrica para refrigeradores y congeladores [74].

Los Niveles Máximos de Consumo de cada refrigerador o congelador (NMC) se expresan en kWh/mes y es proporcional al Volumen Ajustado (VA), y calculados de acuerdo a la ecuación $NMC = p1 * VA + p2$, siendo los factores p1 y p2 parámetros relativos a cada tipo de aparato [74].

Además, el nivel de consumo máximo definido en 2007 depende del tipo de expansor de espuma que utiliza el artefacto.

La reglamentación se actualizó por medio de la Ordenanza Interministerial N°326 de mayo de 2011, de los Ministerios de Minas y Energía; Ciencia y Tecnología; e Industria y Comercio Exterior, estableciendo nuevas disposiciones, y definiendo una nueva forma de establecer el estándar mínimo de rendimiento energético en base al “Nivel Máximo de Consumo (C/Cp)” que se define en base a la etiqueta de eficiencia energética utilizada en Brasil [74].

Los Niveles máximos de consumo (C/Cp) que se establecen para refrigeradores y congeladores, año 2011 se muestran en la tabla 2.17

Tabla 2.17 Niveles máximos de consumo (C/Cp) Adaptado de [74]

| Nevera | Refrigerador | Refrigerador libre de escarcha | Combinado | Combinado libre de escarcha | Congelador vertical | Congelador vertical libre de escarcha | Congelador horizontal |
|--------|--------------|--------------------------------|-----------|-----------------------------|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 1,113 | 1,144 | 1,174 | 1,132 | 1,131 | 1,148 | 1,158 | 1,162 |

2.3.3.3 Colombia

Se encuentra en trámite el Reglamento Técnico de Etiquetado – RETIQ que entrega los parámetros que deben utilizar los diferentes equipos que deben llevar una etiqueta de eficiencia energética y los límites que deben cumplir para ser puestas en comercio. La etiqueta que se propone en Colombia tiene un límite inferior que funciona como un estándar mínimo de eficiencia energética, ya que se señala que una vez en vigencia el reglamento de etiquetado, los equipos de uso doméstico que no puedan clasificarse dentro

de uno de los rangos de eficiencia establecidos no podrán comercializarse para su uso en el territorio colombiano [74].

El parámetro que define el reglamento colombiano de uso racional de la energía para definir las categorías de los refrigeradores y congeladores es el “Ahorro Relativo (Ar)” que representa una forma de eficiencia relativa donde la referencia de consumo corresponde a equipos convencionales. El Ahorro Relativo (Ar) se obtiene como la razón entre la diferencia de consumos de energía eléctrica entre el equipo equivalente convencional de referencia y el equipo bajo ensayo, respecto del consumo del equipo de referencia [74].

El rango de eficiencia energética depende del Ahorro Relativo, la propuesta del Ministerio de Minas y Energía de Colombia es la siguiente tabla:

Tabla 2.18 Rango de eficiencia energética Adaptado de [74]

| Ahorro Relativo Ar (%) | Rango de eficiencia energética |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|
| Ar > 78 | A |
| 78 > Ar ≥ 67 | B |
| 67 > Ar ≥ 56 | C |
| 56 > Ar ≥ 45 | D |
| 45 > Ar ≥ 25 | E |
| 25 > Ar ≥ 5 | F |
| 5 > Ar ≥ - 10 | G |

En donde el Ahorro Relativo Ar en porcentaje se determinará así:

$$Ar = \frac{(SC\alpha - AC)}{SC\alpha} \cdot 100\% \quad [74]$$

Dónde:

Ar: es el ahorro relativo del equipo bajo prueba, respecto del consumo de referencia establecido bajo condiciones normalizadas. Los valores negativos se deben entender como desperdicios relativos [74].

AC: Consumo de energía anual del aparato, determinado como Consumo de Energía en un periodo de prueba de 24 horas * 364 días; Medida de laboratorio.

SCα: Consumo de energía anual normalizado del aparato usado como referencia. Medida que utilizaría un equipo convencional en base a los parámetros constructivos del equipo que se está comparando [74].

La etiqueta colombiana se puede comparar a la etiqueta chilena y la europea en sus índices, ya que el Ahorro Relativo es una transformación del Índice de Eficiencia Energética (I) utilizado en nuestro país y en Europa

$$Ar = 100 - I$$

La categoría A en Colombia es equivalente a A+++ de Europa [74].

2.3.3.4 Ecuador

Dentro del contexto nacional, se encuentra el Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, que es un organismo nacional técnico competente, en materia de reglamentación, normalización y metrología, en conformidad con lo establecido en las leyes de la República y en tratados, acuerdos y convenios internacionales [105]. Esta entidad en la actualidad tiene dos normativas que hacen referencia a las pruebas o ensayos en los aparatos de refrigeración:

- a) NTE-INEN 2206 con título: “Artefactos de refrigeración doméstica con o sin escarcha, refrigeradores con o sin compartimiento de baja temperatura”.
- b) NTE-INEN-IEC 62552 titulada: “Aparatos domésticos de refrigeración. Características y métodos de ensayo” [106].

De conformidad con la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y su Reglamento General, el Ministerio de Industrias y Productividad, es la institución rectora del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, en consecuencia, es competente para aprobar y notificar el proyecto Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 009 (1r) “Artefactos de uso Doméstico para Producción de Frío. Reporte de Consumo de Energía, Métodos de Ensayo y Etiquetado de Eficiencia Energética” cuyo objetivo es establecer los requisitos que deben cumplir los artefactos de uso doméstico para producción de frío, adicionalmente establece la metodología para la clasificación de refrigeradores, congeladores y combinados de uso doméstico de acuerdo con su desempeño energético, el método de ensayo y las características de la etiqueta de eficiencia energética [87].

Este reglamento se aplica a los siguientes artefactos de refrigeración para uso doméstico, sean de fabricación nacional, o importados con una capacidad de enfriamiento de hasta 850 litros operados por compresor hermético, que se comercialicen en la república del Ecuador [87].

Los artefactos de refrigeración en el Ecuador deben ser capaces de operar para clases de clima ST y T únicamente y, mantener simultáneamente las temperaturas de almacenamiento requeridas en los diferentes compartimientos para cada clase de clima.

Tabla 2.19 Temperaturas ambiente para las clases de clima Adaptado de [87]

| Clase | Símbolo | Rango de Temperatura Ambiente |
|-------------|---------|-------------------------------|
| Subtropical | ST | + 18°C a + 38° C |
| Tropical | T | + 18°C a + 43° C |

Los refrigeradores domesticos vienen con un Indice de eficiencia energetica que indica como es el consumo eneregetico en cada uno de las letras como se ve en la tabla 2.20

Tabla 2.20 Tabla Clase de eficiencia energética Adaptado de [87]

| Índice de Eficiencia Energética: I | Clase de Eficiencia Energética |
|------------------------------------|--------------------------------|
| $I < 55$ | A |
| $55 \leq I < 75$ | B |
| $75 \leq I < 90$ | C |
| $90 \leq I < 100$ | D |
| $100 \leq I < 110$ | E |
| $110 \leq I < 125$ | F |
| $125 \leq I$ | G |

Siendo:

- Índice de eficiencia energética = Consumo de energía medido del aparato / Consumo de energía normalizado del aparato (expresado en porcentaje);
- Consumo de energía normalizado del aparato = $M \times \text{Volumen Ajustado} + N$ (expresado en kW.h/año), y
- Volumen ajustado = Volumen del compartimiento de alimentos frescos + $\Omega \times \text{Volumen del compartimiento de alimentos congelados}$ (expresado en litros).

2.3.3.5 Estados Unidos y Canadá

El procedimiento para definir un estándar mínimo de eficiencia energética en los Estados Unidos se estableció en el año 1996, a su vez, Canadá los adoptó en febrero de 1995, los mismos que fueron idénticos a los adoptados por EEUU en 1993. El procedimiento incluye la sociabilización de los estándares con los actores involucrados, la reducción del tiempo para la definición e implementación de los MEPS, la realización de estudios de costos, entre otros aspectos [74].

La definición del estándar mínimo en USA y Canadá se basa en términos del volumen ajustado (AV) del equipo y del tipo de aparato, con un nivel de energía máximo permitido dependiendo del volumen, de la siguiente manera:

$AV = \text{Volumen del compartimiento de alimentos frescos} + (K \times \text{volumen de compartimiento congelador})$

Los valores de K para los diferentes tipos de artefacto son:

- 1,0 para refrigeradores sin compartimiento congelador.
- 1,44 para refrigeradores de una puerta con un compartimiento congelador interno.
- 1,63 para un refrigerador-congelador.
- 1,73 para un congelador.

Una vez definido el Volumen Ajustado, se utiliza una tabla que define el consumo máximo de energía por tipo de refrigerador (medidas del volumen ajustado en pies o Litros, AV respectivamente) [74].

2.3.3.6 México

Los primeros estándares mínimos de eficiencia energética para refrigeradores en México se establecieron en diciembre del 2002, en línea con lo que se realizó en Estados Unidos y Canadá en el año 2001. Los estándares se modificaron en febrero de 2012, agregando un par de categorías, pero no modificando el resto de las anteriores clasificaciones [74].

Los límites de consumo de energía máximos se determinan al aplicar las fórmulas a los aparatos electrodomésticos por su tipo, sistema de deshielo y volumen ajustado.

2.3.3.7 Uruguay

El Proyecto de Eficiencia Energética es un programa de alcance nacional orientado a promover el uso eficiente de la energía en todos los sectores de la economía. El proyecto es ejecutado por la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear y UTE y es financiado por fondos provenientes del Fondo para el Medioambiente Mundial (GEF) a través del Banco Mundial y por fondos de contraparte nacional aportados por el Ministerio de Industrias, Energía y Minería y UTE [107].

La norma que se utiliza en Uruguay es UNIT 1138:2011 “Eficiencia energética. Aparatos de refrigeración eléctricos de uso doméstico. Especificaciones y etiquetado” es la modificación de la norma de igual nombre publicada en el año 2008 a la cual reemplaza y cuyo objetivo es establecer la metodología para la clasificación de los aparatos de refrigeración eléctricos de uso doméstico de acuerdo con su desempeño energético, los métodos de ensayo y las características de la etiqueta de eficiencia energética [107].

La metodología utilizada en la realización de los ensayos relativos a la potencia eléctrica y a la eficiencia energética deben ser ensayados a la tensión de 230 V o 400 V según corresponda y frecuencia 50 Hz.

Tabla 2.21 Tabla Clases de eficiencia energética Adaptado de [107]

| Índice de Eficiencia Energética: I | Clase de Eficiencia Energética |
|------------------------------------|--------------------------------|
| $I < 55$ | A |
| $55 \leq I < 75$ | B |
| $75 \leq I < 90$ | C |
| $90 \leq I < 100$ | D |
| $100 \leq I < 110$ | E |
| $110 \leq I < 125$ | F |
| $125 \leq I$ | G |

2.3.4 Análisis comparativo de los procedimientos de pruebas internacionales

Como conclusión de lo dicho con anterioridad, se ha elaborado la siguiente tabla que tiene como objetivo resumir los contenidos de las distintas normas en referencia a los procedimientos de pruebas en equipos de refrigeración doméstica. Esta comparación se establecerá bajo los siguientes parámetros, como se puede observar en la siguiente tabla.

- Consumo energético
- Pruebas de operación y capacidad
- Volumen ajustado
- Condiciones generales de realización de los ensayos.

Tabla 2.22 Resumen de los requisitos de los procedimientos de pruebas internacionales Fuente: Autores

| No. | VARIABLE | ANSI/AHAM | ISO | AS/NZS 4474.1-97 | CAN/CSA- C300-M91 | GB 12021.2-89 | JIS C 9607 | KS C 9305- 96 | NOM-015- ENER-97 | CNS 2062-95 |
|-----|---------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|
| 1 | Consumo de energía - temperatura ambiente | 32.3 +- 0.6 °C | 25 +- 0.5 °C | 32 +- 0.5 °C | 32.2 +- 0.6 °C | 25 +- 0.5 °C | 15/30 +- 1 °C | 30 +- 1 °C | 32.2 +- 0.6 °C | 30 +- 1 °C |
| 2 | Consumo de energía - temperatura alimentos frescos | 3.3/7.22 °C | 5 °C | 3 °C | 3.3/7.22 °C | 5 °C | 3 +- 0.5 °C | 3 +- 0.5 °C | 3.3/7.2 °C | 3 +- 0.5 °C |
| 3 | Consumo de energía - temperatura de congelación | -15/ -17.8 °C | -18 °C | -15 °C | -9.4/-15/ -17.8 °C | -18 °C | -6/-12/ - 18 °C | -6/-12/ -18 °C | -9.4/-15/ - 17.8 °C | -6/-12/-15/ -18 °C |
| 4 | Consumo de energía para congelación | A veces con carga | Con carga | Sin carga | A veces con carga | Con carga | A veces con carga | A veces con carga | A veces con carga | Con carga |
| 5 | Pruebas de operación - temperaturas ambiente | 21.1/32.2/43.3 °C | 16/32 °C | 10/32/43 °C | Ninguno | 16/32 °C | 15/30 °C | 15/30 °C | Ninguno | 15/30 °C |
| 6 | Pruebas de operación - temperaturas de alimentos frescos | 1.1 a 5 °C | 0 a 5 °C | 0.5 a 6 °C | Ninguno | 0 a 5 °C | <=2 o <=5 °C | <=5 °C | Ninguno | <=5 °C |
| 7 | Pruebas de operación - temperaturas de congelación | <= -15/ -17.8 °C | <= -18 °C | <=-15 °C | Ninguno | <= -18 °C | <= -18/ -12/ -6 °C | <= -18/-12/ - 6 °C | No | <= -18/-15/ -12/-6 °C |
| 8 | Prueba del tiempo de enfriamiento del equipo - pull down test | Si | No | Si | No | No | Si | Si | No | Si |

Tabla 2.23 Resumen de los requisitos de los procedimientos de pruebas internacionales (continuación)

| No. | VARIABLE | ANSI/AHAM | ISO | AS/NZS 4474.1-97 | CAN/CSA-C300-M91 | GB 12021.2-89 | JIS C 9607 | KS C 9305-96 | NOM-015-ENER-97 | CNS 2062-95 |
|-----|-----------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 9 | Prueba de capacidad de congelación | No | Si | No | Solo congelador horizontal y vertical | Si | Si | Si | No | Si |
| 10 | Capacidad de hacer hielo | Si | Si | Si | No | Si | No | No | No | No |
| 11 | Tiempo de incremento de temperatura | No | Si | No | No | Si | No | No | No | No |
| 12 | Otras pruebas de eficiencia | Si | Si | No | No | Si | Si | Si | No | Si |
| 13 | Volumen bruto | No especifica | Sólo total (no se especifica a nivel sub-compartimento) | Compartimentos (incluye sub-compartimentos) | No especifica | Sólo total (no se especifica a nivel sub-compartimento) | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| 14 | Volumen de almacenamiento | Todos los niveles | Todos los niveles | Todos los niveles | Todos los niveles | Todos los niveles | Todos los niveles | Todos los niveles | Todos los niveles | Todos los niveles |
| 15 | Volumen utilizado para MEPS y etiquetado energético | Almacenamiento | Almacenamiento en EU | Bruto | Almacenamiento | Almacenamiento en EU | Almacenamiento | Almacenamiento | Almacenamiento | Almacenamiento |

Tabla 2.24 Resumen de los requisitos de los procedimientos de pruebas internacionales (continuación)

| No. | VARIABLE | ANSI/AHAM | ISO | AS/NZS 4474.1-97 | CAN/CSA-C300-M91 | GB 12021.2-89 | JIS C 9607 | KS C 9305-96 | NOM-015-ENER-97 | CNS 2062-95 |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 16 | Factor de ajuste del compartimento del congelador (volumen ajustado) | 1.63 | 2.15 | 1.6 | 1.63 | 2.15 | NA | NA | 1.63 | 1.778 |
| 17 | Ajuste de energía - congelador separado | 0.7/0.85 | No | No | 0.7/0.85 | No | No | No | 0.7/0.85 | No |
| 18 | Cubiertas de los sistemas de: fuentes de energía y refrigeración | Todos los sistemas eléctricos monofásicos de CA | Cualquiera | Compresión de vapor con alimentación de red eléctrica | Toda la red eléctrica de CA, 60 Hz, 110 V dentro de los límites de volumen | Cualquiera | Compresión de vapor con alimentación de red eléctrica | Compresión de vapor con alimentación de red eléctrica con límite de volumen | Toda la red eléctrica de CA, 60 Hz, 115 V | Compresión de vapor con alimentación de red eléctrica con límite de volumen |
| 19 | Humedad | No específica | 45 - 75% | No específica | 45 - 75% | 75 +- 5% | 75 +- 5% | 75 +- 5% | No específica | 75 +- 5% |
| 20 | Calentadores anti-condensación durante las pruebas de consumo de energía | Promedio en On y Off | Sólo cuando sea necesario | Encendido | Promedio en On y Off | Sólo cuando sea necesario | Encendido | Encendido | Promedio en On y Off | Encendido |
| 21 | Apertura de puertas | No | No | No | Para los sistemas de descongelación 23 variables | No | 50 veces cada 12 min. | No | No | No |

2.3.5 Etiqueta Energética

La etiqueta energética como ya se mencionó en capítulos anteriores, es una herramienta informativa, cuyo objetivo es dar a conocer a los compradores de electrodomésticos la eficiencia energética de los mismos. Contiene los datos más relevantes del consumo y eficiencia de los equipos electrónicos.

2.3.5.1 Etiquetado Energético y Programas de Estandarización en el Mundo

Si se considera que a nivel residencial los equipos de refrigeración (refrigerador y congelador) son los mayores consumidores de energía eléctrica, se justifica que a nivel internacional cerca de 60 países en todo el mundo tengan algún tipo de programa para regular la eficiencia energética en estos equipos, en su mayoría, en forma de etiquetado energético comparativo obligatorio y los estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS) (minimum energy performance standards) [82].

Dentro de los países con políticas obligatorias para el etiquetado de electrodomésticos, se puede mencionar a Suiza como la región que ha llevado a cabo con éxito esta propuesta. Por el contrario, los fabricantes de Japón cumplen habitualmente con “metas voluntarias” a pesar de que las reglas no mencionan métodos obligatorios ni ninguna sanción por no tucumplir con los objetivos. En Japón, la amenaza de divulgar el no cumplimiento de las metas es suficiente freno para lograr que las reglas de objetivos de eficiencia se conviertan en obligatorios [108].

Los programas de etiquetado no están necesariamente restringidos dentro del país que lo establece, ya que en función de sus resultados y efectividad pueden ser adoptados por otros países. Por ejemplo, la etiqueta de la UE, la cual a más de ser utilizada por los 25 estados miembros, es también utilizada por varios otros países de la región; el programa de EE.UU. EPA ENERGY STAR para equipos de oficina ha sido adoptado en muchos otros países de todo el mundo [82].

En las tablas 2.25 y tabla 2.26 se puede observar lo que han hecho varios países del mundo, en cuanto a programas de etiquetado energético y programas que utilicen estándares mínimos de eficiencia energética, siendo en algunos casos de aplicación obligatoria y en otros de aplicación voluntaria.

| MEPS | Estándares mínimos de eficiencia energética | | |
|------|---------------------------------------------|----|------------------------|
| O | = Obligatorio | EO | = Estándar obligatorio |
| V | = Voluntario | PM | = Programa meta |
| P | = Programa propuesto | EV | = Estándar voluntario |
| OT | = Otro sistema de marcado | PS | = Programa en espera |
| | No se conoce el estatus de la | | Propuesta de programa |
| ? | = etiqueta | PO | = obligatorio |

Tabla 2.25 Resumen de los programas de etiquetado y MEPS alrededor del mundo Adoptado de [83]

| Equipo | AMERICA DEL SUR | | | | | | | | | | A.CENTRAL | | A. DEL NORTE | | | | EUROPA | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|--------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|----------------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|
| | Argentina | | Brasil | | Chile | | Colombia | | Ecuador | | Jamaica | | Costa Rica | | Canadá | | EE.UU. | | México | | Unión Europea (25 P) | | Noruega | | Croacia | | Rusia | |
| | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS |
| Refrigerador/ Congelador | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | O | EO | O | EO | O | O | O | O | O | EO | O | | O | | V | EO |

Tabla 2.26 Resumen de los programas de etiquetado y MEPS alrededor del mundo (continuación)

| Equipo | ASIA | | | | | | | | | | | | | | | | OCEANIA | | | | AFRICA | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|-------------|------|--------------|------|-------------|------|-------------|------|---------------|------|-------------|------|-------------|------|
| | Hong Kong | | India | | Irán | | Israel | | Filipinas | | Japón | | Corea | | Singapur | | China Taipéi | | China | | Australia | | Nueva Zelanda | | Sudáfrica | | Túnez | |
| | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS | Comparativo | MEPS |
| Refrigerador/ Congelador | V | | P | EV | O | EO | O | EO | O | | V | PM | O | EO | V | | OT | EO | P | EO | O | EO | O | EO | P | | O | EO |

2.3.6 Estándares de Eficiencia Energética para Refrigeradores y Congeladores de uso Doméstico.

2.3.6.1 Resumen de los Estándares Mínimos de Eficiencia Energética

A continuación, en la tabla 2.27 se presenta un resumen comparativo de algunos países Latinoamericanos y también de Norteamérica que actualmente están aplicando estándares mínimos de eficiencia energética a equipos de refrigeración doméstica.

Dicha tabla comparativa contiene datos de todos los tipos de refrigerador comercializados en el mercado internacional.

Tabla 2.27 Estándares de Eficiencia Energética para Refrigeradores y Congeladores de uso Doméstico.

| No. | VARIABLE | EQUIPOS | PAÍS | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|---------------|----------------------------------|
| | | | ESTADOS UNIDOS Y CANADÁ | MÉXICO | COLOMBIA | | ECUADOR | | BRASIL | | ARGENTINA | CHILE | | | | |
| 1 | Designación de la norma | Refrigerador, Congelador y Refrigerador/Congelador | 10 CFR, Parte 430, Subpt. B, (Sept. 2001) | NOM-015-ENER-2012: "EFICIENCIA ENERGÉTICA DE REFRIGERADORES Y CONGELADORES ELECTRODOMÉSTICOS. LÍMITES, MÉTODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO" | NTC COLOMBIANA 5020 2009: "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARTEFACTOS REFRIGERADORES, REFRIGERADORES - CONGELADORES Y CONGELADORES PARA USO DOMÉSTICO" | | RTE INEN 035:2009 "EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARTEFACTOS DE REFRIGERACIÓN DE USO DOMÉSTICO. REPORTE DE CONSUMO DE ENERGÍA, MÉTODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO". | | LEY DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Nº10.295 (2001) "Confiere al Poder Ejecutivo establecer los niveles máximos del consumo de energía, o mínimos de la eficiencia energética, de máquinas y equipamientos consumidores de energía fabricados o comercializados en el País" | | IRAM 2404-3:1998 2015 Etiquetado de eficiencia energética para aparatos de refrigeración de uso doméstico. | NCh3000.Of2006 "Eficiencia Energética - Refrigeradores, congeladores y refrigeradores-congeladores de uso doméstico" | | | | |
| 2 | Tipo de clima | Todos los equipos considerados en la norma | No establece | No establece | CLASE DE CLIMA "T" (+32°C) | | CLASE DE CLIMA "N, SN y ST" (+25°C) | | CLASE DE CLIMA TROPICAL "T" (+32°C) | | CLASE DE CLIMA SUBTROPICAL "ST" (+25°C) | | No establece | No establece | No establece | |
| | | | | | mn | CEon | mn | CEon | mn | CEon | mn | CEon | | | | Agente expensor de Espuma: R141b |
| 3 | Límites de consumo de energía máximos | Refrigerador solo, convencional y refrigerador-congelador (R/C) con deshielo manual o semiautomático. | 0,282VA + 225,0 | 0,31VA+248,4 | 1,05 | 254 | 0,6 | 235 | 1,05 | 254 | 0,6 | 235 | 0,0422VA + 23,3227 | 0,0416VA + 22,9786 | No específica | No específica |
| | | Refrigerador-congelador con deshielo parcialmente automático. | 0,282VA + 225,0 | 0,31VA+248,4 | 1,05 | 254 | 0,6 | 235 | 1,05 | 254 | 0,6 | 235 | 0,1292VA + 9,1332 | 0,1258VA + 8,18936 | No específica | No específica |
| | | Refrigerador-congelador con deshielo automático y congelador montado en la parte superior, sin despachador de hielo, y refrigeradores solos con deshielo automático. | 0,285VA + 233,7 | 0,35VA+276,0 | 0,33 | 640 | 0,6 | 235 | 0,33 | 640 | 0,6 | 235 | No específica | No específica | No específica | No específica |
| | | Refrigerador-congelador con deshielo automático y congelador montado lateralmente, sin despachador de hielo. | 0,301VA + 297,8 | 0,17VA+507,5 | 0,33 | 640 | 0,6 | 235 | 0,33 | 640 | 0,6 | 235 | No específica | No específica | No específica | No específica |
| | | Refrigerador-congelador con deshielo automático y congelador montado en la parte inferior, sin despachador de hielo. | 0,312VA + 317,0 | 0,16VA+459,0 | 0,33 | 640 | 0,6 | 235 | 0,33 | 640 | 0,6 | 235 | No específica | No específica | No específica | No específica |
| | | Refrigerador-congelador con deshielo automático y congelador montado en la parte inferior, con despachador de hielo a través de la puerta. | 0,297VA + 385,4 | 0,18 VA + 539 | 0,62 | 391 | 0,78 | 305 | 0,62 | 391 | 0,78 | 305 | No específica | No específica | No específica | No específica |
| | | Refrigerador-congelador con deshielo automático y congelador montado en la parte superior, con despachador de hielo. | | 0,36VA+356,0 | 0,62 | 391 | 0,78 | 305 | 0,62 | 391 | 0,78 | 305 | No específica | No específica | No específica | No específica |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------------------------------------------|-----|------|---------------|-----------|-------|---------------|---------------|-----------------------|--------------------|---------------|---------------|
| | Refrigerador-congelador con deshielo automático y congelador montado lateralmente, con despachador de hielo. | No especifica | 0,36VA+406,0 | 0,57 | 527 | 0,78 | 305 | 0,57 | 527 | 0,78 | 305 | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Congelador vertical con deshielo manual. | 0,197VA + 199,7 | 0,27VA+258,3 | 0,36 | 264 | 0,47 | 289 | 0,36 | 264 | 0,47 | 289 | 0,0257VA + 47,8582 | 0,0254VA + 47,1521 | 0,472VA + 286 | 0,472VA + 286 |
| | Congelador vertical con deshielo automático. | 0,305VA + 228,3 | 0,44VA+326,1 | 0,52 | 391 | 0,62 | 376 | 0,52 | 391 | 0,62 | 376 | 0,0217VA + 71,6286 | 0,0214VA + 70,5718 | No especifica | No especifica |
| | Congelador horizontal y todos los demás congeladores, excepto congelador compacto. | 0,257VA + 107,8 | 0,35VA+143,7 | 0,38 | 160 | 0,48 | 195 | 0,38 | 160 | 0,48 | 195 | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Congelador horizontal con deshielo automático. | No especifica | 0,52 VA+ 211,5 | 0,38 | 160 | 0,48 | 195 | 0,38 | 160 | 0,48 | 195 | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Refrigerador y refrigerador-congelador compacto con deshielo manual. | 0,319VA + 252,3 | 0,38VA+299,0 | 0,47 | 299 | 0,22 | 237 | 0,47 | 299 | 0,22 | 237 | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Refrigerador-congelador compacto con deshielo parcialmente automático. | 0,209VA + 335,8 | 0,25VA+398,0 | 0,33 | 640 | 0,6 | 235 | 0,33 | 640 | 0,6 | 235 | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Refrigerador-congelador compacto con deshielo automático y congelador montado en la parte superior y refrigerador solo compacto con deshielo automático. | 0,417VA + 339,2 | 0,45VA+355,0 | 0,33 | 812 | 0,78 | 305 | 0,33 | 812 | 0,78 | 305 | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Refrigerador-congelador compacto con deshielo automático y congelador montado lateralmente. | 0,241VA + 456,9 | 0,27VA+501,0 | 0,6 | 970 | 0,78 | 305 | 0,6 | 970 | 0,78 | 305 | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Refrigerador-congelador compacto con deshielo automático y congelador montado en la parte inferior. | 0,417VA + 339,2 | 0,46VA+367,0 | 0,58 | 367 | 0,78 | 305 | 0,58 | 367 | 0,78 | 305 | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Congelador vertical compacto con deshielo manual. | 0,306VA + 225,7 | 0,35VA+250,8 | | | | | | | | | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Congelador vertical compacto con deshielo automático. | 0,359VA + 351,9 | 0,40VA+391,0 | | | | | | | | | No especifica | No especifica | No especifica | No especifica |
| | Congelador horizontal compacto. | 0,327VA + 136,8 | 0,37VA+152,0 | | | | | | | | | 0,0925VA + 15,9759 | 0,0911VA + 15,7402 | 0,446VA+181 | 0,446VA+181 |
| 4 | Consumo de energía - temperatura ambiente | Todos los equipos | 32,2°C ± 0,6°C. | 25 °C | | | 25 °C | | | No especifica | No especifica | 42°C ± 10°C | | No especifica | |
| 5 | Consumo de energía - temperatura alimentos frescos | Todos los equipos | 3,5°C | 3,3 °C de manera general y menores de 7,2 °C | | | 5 °C | | | No especifica | | 6°C | | 4°C | |
| 6 | Consumo de energía - temperatura de congelación | Todos los equipos | -9,4/-15/-17,8 °C | -6/-12/-18 °C | | | -6/-12/-18 °C | | | -6/-12/-18 °C | | -6/-12/-18 / >= -18°C | | -6/-12/-18°C | |
| 7 | Consumo de energía para congelación | No especifica | No especifica | A veces con carga | | | No especifica | | | No especifica | | No especifica | | No especifica | |
| 8 | Pruebas de operación - | Todos los equipos | Ninguno | Ninguno | | | 18/43 (T) | 16/32 (N) | 30/32 | 18/43 (T) | 18/38 (ST) | Ninguno | | Ninguno | Ninguno |

| | temperaturas ambiente | | | | (SNL, 18/38 (ST)) | | | | | | |
|----|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 9 | Pruebas de operación - temperaturas de alimentos frescos | | Ninguno | Ninguno | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | |
| 10 | Pruebas de operación - temperaturas de congelación | No | No | No | No | No | No | No | No | No | |
| 11 | Prueba del tiempo de enfriamiento del equipo - pull down test | No | No | No | No | No | No | No | No | No | |
| 12 | Prueba de capacidad de congelación | No | No | No | No | No | No | No | No | No | |
| 13 | Capacidad de hacer hielo | No | No | No | No | No | No | No | No | No | |
| 14 | Tiempo de incremento de temperatura | No | No | No | No | No | No | No | No | No | |
| 15 | Otras pruebas de eficiencia | No | No | No | No | No | No | No | No | No | |
| 16 | Volumen bruto | Todos los equipos | No específica | No específica | No específica | Especificada en la NTE INEN 2206:2011 | No específica | No específica | No específica | No específica | |
| 17 | Volumen de almacenamiento | Todos los equipos | No específica | Todos los niveles | Todos los niveles | Especificada en la NTE INEN 2206:2011 | No específica | No específica | No específica | No específica | |
| 18 | Volumen utilizado para MEPS y etiquetado energético | Todos los equipos | | Almacenamiento (VA= Volumen de compartimiento de alimentos + volumen de congelador * FA) | Almacenamiento (VA= volumen bruto del compartimiento de alimentos frescos, en litros + volumen bruto del compartimiento de baja temperatura en litros * FA) | Almacenamiento (VA= volumen de alimentos frescos, en litros + volumen bruto compartimiento de baja temperatura * FA) | Almacenamiento (VA= Volumen de compartimiento de alimentos + volumen de congelador * FA) | No específica | No específica | No específica | |
| 19 | Factor de ajuste para el cálculo del volumen ajustado (FA) | Refrigerador solo para NOM y Tipo (*) [-6 °C de referencia del compartimiento de baja temperatura] para NTC y RTE | 1 | 1 | 1,4 | 1,55 | 1,4 | 1,55 | 1,41 | No específica | No específica |
| | | Refrigerador convencional para NOM y Tipo (***) [-12 °C de referencia del compartimiento de baja temperatura] para NTC y RTE | 1,44 | 1,44 | 1,63 | 1,85 | 1,63 | 1,85 | 1,63 | No específica | No específica |
| | | Refrigerador congelador para NOM y Tipo (***) [-18 °C de referencia del compartimiento de baja temperatura] para NTC y RTE | 1,63 | 1,63 | 1,85 | 2,15 | 1,85 | 2,15 | 1,85 | No específica | No específica |
| 20 | Ajuste de energía - congelador separado | Congeladores horizontales | 0,7 | 0,7 | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica |
| | | Congeladores verticales | 0,85 | 0,85 | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica |
| | | Refrigeradores electrodomésticos | 1 | 1 | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica |
| 21 | Cubiertas de los sistemas de fuentes de | Todos los equipos | 120 V, 60 Hz | Toda la red eléctrica de CA, 60 Hz, 115 V +/- 1 V | No específica | 115 V +/- 1 % | 110V / 220V, 60HZ | 220 V, 50 Hz | 220 V, 50 Hz | | |

| | | | | | | | | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|--|----------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | energía y refrigeración | | | | | | | | |
| 22 | Humedad | | | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica | No específica |
| 23 | Calentadores anti-condensación durante las pruebas de consumo de energía | Todos los equipos | | Promedio en On y Off | Condición de máximo consumo de energía | Condición de máximo consumo de energía | No específica | No específica | No específica |

2.4 Modelo de Simulación: Variables, Diagramas Causales y datos para Construir el Modelo

En este capítulo además de hacer una introducción a la Dinámica de Sistemas como eje principal para abordar el tema de estudio, se hará también un análisis de las diferentes variables que serán necesarias para el proceso de modelado, para esto es preciso conocer anticipadamente cuáles son esas variables que influirán directamente sobre el modelo de estudio, así mismo se hará un análisis de los diagramas causales que intervendrán en la investigación y por ultimo determinaremos los datos actuales y de proyección de las distintas variables que hemos considerado.

Este capítulo dará cumplimiento al objetivo específico, que señala: "Establecer las variables y construir diagramas causales, en base a los datos, valores e información histórica de cada una de las variables."

2.4.1 Introducción a la Dinámica de Sistemas

La Dinámica de Sistemas fue desarrollada durante la década de los cincuenta por el ingeniero de sistemas del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) Forrester. La primera aplicación fue el análisis de la estructura de una empresa norteamericana, y el estudio de las oscilaciones muy acusadas en las ventas de esta empresa, publicada como Industrial Dynamics. En la década de los sesenta y setenta se hace diferentes trabajos de modelos de dinámica de sistemas haciendo popular a la Dinámica de Sistemas a nivel mundial.

La dinámica de sistemas, permite en estos días ir más allá de los estudios de casos y las teorías descriptivas. La dinámica de sistemas no está restringida a sistemas lineales, ya que Combinados con las computadoras, los modelos de dinámica de sistemas permiten una simulación eficaz de sistemas complejos. Dicha simulación representa la única forma de determinar el comportamiento en los sistemas no-lineales complejos.[109]

La dinámica de sistemas representa una de las metodologías con posibilidades para modelar distintos escenarios en la aplicación de situaciones complejas como por ejemplo una política de eficiencia energética, la cual nos daría la posibilidad de asegurar a un mediano o largo plazo que las decisiones tomadas tendrán impactos positivos en la población involucrada.[110]

2.4.1.1 Diagrama Causal de Lazo

Un Diagrama Causal es una herramienta para mostrar la estructura y las relaciones causales de un sistema para entender sus mecanismos de realimentación en una escala temporal.

Existen dos tipos de influencias: positiva y negativa. El carácter de la relación se expresa asociando un signo a la flecha. En la figura 2.29 se representa una relación de influencia positiva. Ello significa que ambas variables cambian en el mismo sentido: si la variable A aumenta (o disminuye), la variable B también aumenta (o disminuye).



Figura 2.29 Relación de influencia positiva [111]

En la figura 2.30 se representa una relación de influencia negativa. El signo negativo indica que las variables de los dos extremos de la flecha varían en sentido opuesto: si la variable A aumenta (o disminuye), entonces la variable B disminuye (o aumenta).[111]



Figura 2.30 Relación de influencia negativa [111]

2.4.1.2 Diagramas de Niveles y Flujo

Los Diagramas de niveles suponen la acumulación en el tiempo de una cierta magnitud. Son las variables de estado del sistema, en cuanto que los valores que toman determinan la situación en la que se encuentra el mismo.

Los diagramas de flujo expresan de manera explícita la variación por unidad de tiempo de los niveles y las variables auxiliares son, como su nombre indica, variables de ayuda en el modelo. Su papel auxiliar consiste en colaborar en la definición de las variables de flujo y en documentar el modelo haciéndolo más comprensible. [112]

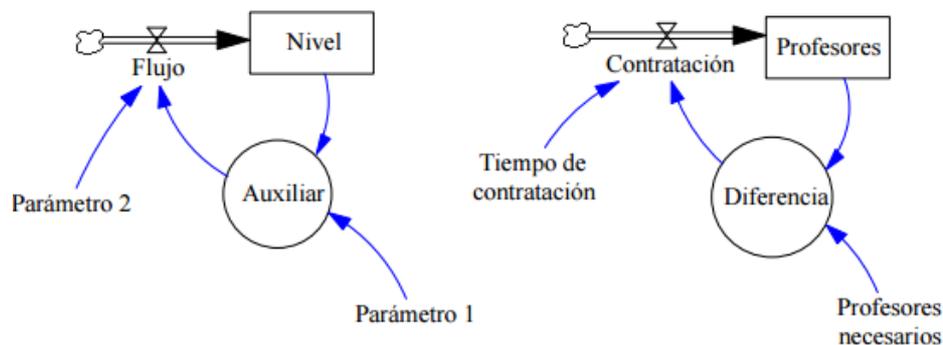


Figura 2.31 Organización de las variables de Nivel y Flujo en un diagrama [112]

2.4.1.3 Propiedades de la Dinámica de Sistemas

2.4.1.3.1 Bucles de retroalimentación

Los bucles de realimentación representan el proceso dinámico que se traslada por una cadena de causas y efectos a través de un conjunto de variables que acaba volviendo a la causa original. Existen dos tipos de bucles de retroalimentación el primero es el bucle de realimentación positiva es aquel en los que la variación de un elemento se propaga a lo largo del bucle de manera que acentúa dicha variación inicial.[111]

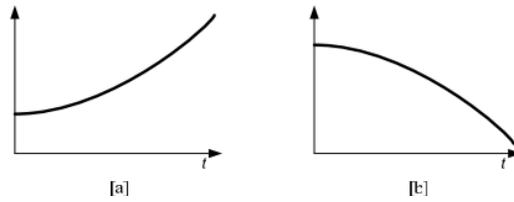


Figura 2.32 Respuestas explosiva [a] y depresiva [b] de los bucles de realimentación positiva.[111]

En la figura a se puede observar cómo crece el sistema de forma explosiva formando un círculo virtuoso, mientras que en la figura b se observa comportamientos depresivos en forma de remolino que se conocen como círculos viciosos.

Los bucles de realimentación negativa son la base de cualquier sistema de control o regulación, tanto natural como artificial. Son aquellos en los que una variación de un elemento se transmite a lo largo del bucle de manera que se genere un efecto que contrarresta la variación inicial. [111]

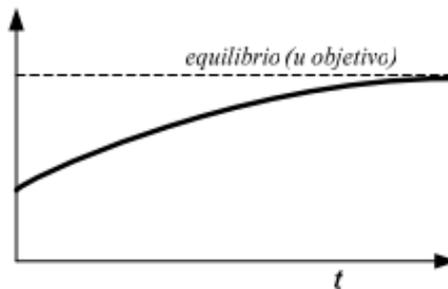


Figura 2.33 Respuesta estabilizadora de los bucles de realimentación negativa.[111]

2.4.1.3.2 Retardos

retardo no es más que el tiempo que transcurre entre una causa y sus efectos y en los modelos sistémicos se manejan como procesos cuya salida se retrasa en alguna manera con respecto a la entrada.[111]

2.4.1.3.3 No linealidades y bucles dominantes

El comportamiento complejo es causado por relaciones no lineales, que permiten el cambio en el dominio del bucle en función del estado del sistema. En el crecimiento en forma de s, por ejemplo, primero un crecimiento exponencial está teniendo lugar causado por un bucle de retroalimentación positiva. En algún momento el dominio de bucle se desplaza hacia el bucle de realimentación negativa que resulta en un comportamiento de búsqueda de objetivos. Esta es una propiedad endógena de los sistemas dinámicos no lineales. La capacidad de las dependencias no lineales para generar cambios en el dominio del bucle es una razón importante para el uso de modelos no lineales.

Las relaciones no lineales permiten también muchos tipos de comportamientos que no son posibles en los sistemas lineales, como equilibrios múltiples, bifurcaciones, ciclos límite, y el caos. [110]

2.4.1.3.4 Complejidad Dinámica

La complejidad Dinámica puede surgir de situaciones simples y no necesita de una gran cantidad de partes para interactuar en conjunto. El comportamiento de un sistema con retroalimentación, con retardos y no lineales puede ser muy compleja; hoy en día los cambios del sistema son los problemas del mañana haciéndoles complejos debido a la cantidad de componentes y debido a relaciones dinámicas. [110]

2.4.1.3.5 Los arquetipos

Un arquetipo sistémico es aquella situación que se repite por costumbre, generando errores en el comportamiento de una organización [113], ayuda a reconocer comportamientos repetitivos, para encontrar sus puntos de apalancamiento, es decir, permite saber cuál es el cambio adecuado para eliminar el límite más importante que sufre el sistema, a través de lo cual ganará dinamismo en una forma más que proporciona. [113]

Existen algunos arquetipos que se mencionara a continuación:

- Compensación entre proceso y demora
- Límites del crecimiento
- Desplazamiento de la carga
- Crecimiento y subinversión
- Erosión de metas
- Escalada
- Éxito para quien tiene éxito
- Tragedia del terreno común
- Soluciones contraproducentes
- Adversarios accidentales [113]

2.4.1.4 Modelización de Variables Soft

Se define variable soft como aquella variable de la que no se tienen datos numéricos disponibles, e incluyen factores como características cualitativas, percepciones y expectativas concernientes a una persona o cosa. Las características fundamentales de una variable soft se pueden resumir en:

1. Carecen de sustancia física.
2. No pueden ser medidas de forma directa.
3. Las leyes que determinan su dinámica de cambio tienen que ver con relaciones complejas causa-efecto de carácter no lineal y con existencia de retrasos. [114]

El proceso de modelización puede ser dividido en cuatro fases: conceptualización, formulación, evaluación e implementación, en cada fase se puede incluir variables soft. [110]

En la fase de conceptualización, es importante escoger y definir las variables más importantes para el sistema a modelizar.

La formulación es quizás la fase más complicada para el manejo de variables soft. En éste se define la estructura del modelo y los problemas se derivan especialmente de no poder medir las variables soft de forma directa. Este hecho obliga a tener que definir las variables en función de indicadores de los cuales puede ser muy difícil conseguir datos reales, por lo que, en ocasiones, se establece una medida categórica dada, según la experiencia y la intuición.[114]

La evaluación, consiste en dar un paso hacia atrás para validar si las hipótesis dinámicas cumplen con los modos de referencia y los supuestos definidos en la primera etapa. En esta etapa, los problemas de la modelización de variables soft están relacionados con la dificultad de establecer las relaciones de las variables soft y la imposibilidad para contrastar los resultados con datos reales.[114]

La formulación es quizás la fase más complicada para el manejo de variables soft. En éste se define la estructura del modelo y los problemas se derivan especialmente de no poder medir las variables soft de forma directa. [114]

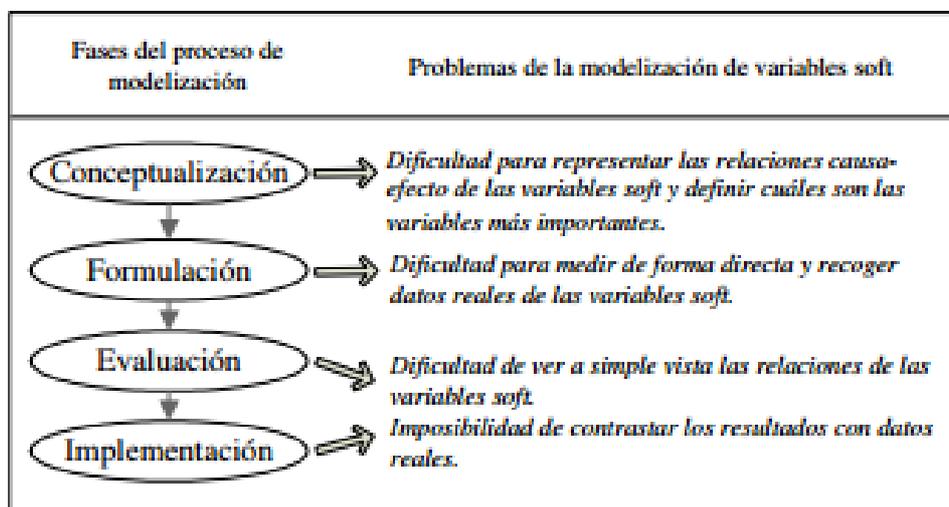


Figura 2.34 Problemas de la modelización de Variables Soft..[114]

2.4.1.5 Experimentación

Los modelos de DS, son construidos para que cumplan con dos propósitos principales. En primera instancia, poder explicar el comportamiento de los sistemas, en razón de su estructura y políticas de orientación y, en segundo lugar, poder servir como instrumentos para estudiar cambios estructurales y/o políticos de la organización.

Para poder garantizar los propósitos antes mencionados, el modelo debe ser evaluado, validado y analizado. [110]

2.4.1.6 Evaluación del modelo

En esta fase se somete el modelo a una serie de pruebas y análisis para evaluar su validez y calidad. Los análisis pueden ser diversos y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis que incorpora hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las identificadas en la primera fase. Así mismo, se

incluyen análisis de sensibilidad que permiten determinar cuáles son los factores que más influyen en el comportamiento del modelo. [115]

2.4.1.7 Validación del modelo

Un modelo en dinámica de sistemas ha de ser validado tanto en lo que a su estructura como a su comportamiento se refiere, aunque valga decir, finalmente resulta en que se valida la estructura de forma directa o indirecta.[116]

La validación de la estructura del modelo consiste en establecer que las relaciones usadas en un modelo son una representación adecuada de la realidad o relaciones reales, y están acordes con los propósitos del modelamiento. Este tipo de evaluación puede ser hecha de dos maneras: directa o indirecta.[116]

La prueba de la estructura directa evalúa la validez de la estructura del modelo comparándola directamente con el conocimiento cierto acerca de la estructura real del fenómeno modelado. Esto implica evaluar cada relación en el modelo mientras haya conocimiento verificado del sistema modelado. Estas pruebas son cualitativas por naturaleza, no involucran la simulación.[116]

La prueba de estructura indirecta o de comportamiento evalúa la validez de la estructura indirectamente al aplicar ciertas pruebas de comportamiento sobre los patrones de comportamiento generados por el modelo. Por ejemplo, la prueba de las condiciones extremas implica asignar valores extremos a parámetros seleccionados y comparar el comportamiento generado por el modelo con el comportamiento esperado o el observado en el sistema real bajo la misma condición extrema. Éstas son pruebas extremas de comportamiento que pueden proporcionar información indirecta sobre las posibles fallas estructurales. [116]

2.4.1.8 Análisis del modelo

El análisis de sensibilidad del modelo determina cuáles son los parámetros que inducen variaciones apreciables en los resultados, realizando estimaciones cuidadosas de dichos parámetros y prestando una atención cuidadosa en la construcción de hipótesis de los escenarios propuestos.

La forma de procedimiento para la selección e identificación de parámetros sensibles presupone un conocimiento detallado del sistema, por cuanto su examen exhaustivo puede ser impracticable en modelos de gran envergadura. [110]

2.4.2 Índices de Eficiencia Energética en Refrigeradores Domésticos

En capítulos anteriores ya se ha mencionado los innumerables beneficios que traen consigo la implementación de programas y planes de eficiencia energética, sin duda alguna, las medidas tomadas en torno a este tema son de interés mundial y su definición, aunque similar en cualquier caso ha ido ampliando cada vez más su concepto,

comprendiendo desde aspectos económicos hasta remarcar su relación con la disminución del consumo y la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero.

Actualmente y a sabiendas de lo mencionado en el párrafo anterior, las grandes industrias, comercializadoras de electrodomésticos ponen a disposición del consumidor una etiqueta energética que muestra la eficiencia de consumo.

2.4.2.1 Consumo Energético de Referencia

En el país en el año 2008 se oficializó de carácter 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, cuyo objetivo establece los procedimientos y requisitos para reportar los valores de Consumo de Energía de Referencia, CER y los rangos de consumo de energía que permitirán clasificar los refrigeradores, refrigeradores-congeladores y congeladores de alimentos de acuerdo a su desempeño energético. [118]

Este Reglamento Técnico se aplica para aparatos de fabricación doméstico que sean importados, elaborados o comercializados en el territorio ecuatoriano de hasta 850 litros (30 pies cúbicos aproximadamente). [117]:

El Consumo de energía de referencia CER_i: Es la relación lineal entre el volumen ajustado expresado en litros y el consumo de energía expresado en KWh/año, siendo utilizado la siguiente ecuación lineal:

$$CER_i = m_i VA + C_{Eoi} \quad [118]$$

Donde:

- CER_i = iésimo consumo de energía de referencia, expresado en KWh/año
- m_i = pendiente de la recta para el iésimo consumo de energía de referencia, expresado en KWh/año/litro
- VA = volumen ajustado, expresado en litros
- C_{Eoi} = consumo de energía para el iésimo consumo de energía de referencia y para un volumen ajustado de cero, expresado en KWh/año
- i = subíndice identificador de cada uno de los diferentes CER, puede tomar los siguientes valores [117]
- Volumen ajustado (VA). Es el volumen bruto del compartimiento de alimentos frescos más el volumen bruto del compartimiento de baja temperatura multiplicado por el factor de ajuste correspondiente. [118]

$$VA = V \text{ bruto alimentos frescos} + (V \text{ bruto compartimiento de baja temperatura} \times FA) \quad [118]$$

Donde:

- VA = Volumen ajustado, en litros
- V bruto alimentos frescos = Volumen bruto del compartimiento de alimentos frescos, en litros

- V bruto compartimiento = Volumen bruto compartimiento baja temperatura, en litros baja temperatura
- FA= Factor de ajuste, determinado como se indica [118]

Para el cálculo del factor de ajuste se usará la siguiente expresión:

$$FA = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_3} \quad [117]$$

Donde:

Fa = Factor de Ajuste

T1 = Temperatura del cuarto de pruebas

T2 = Temperatura de referencia del compartimiento de baja temperatura

T3 = Temperatura de referencia del compartimiento de alimentos frescos

2.4.2.2 Condiciones Generales

En la tabla 2.28 se detalla la clasificación de los artefactos de refrigeración domésticos disponibles en el mercado nacional, de acuerdo al diseño del producto.

Para el análisis de nuestro proyecto se considerará el equipo de categoría 4, correspondiente a los refrigeradores - congeladores, esto debido a un análisis realizado por La Asociación Nacional de Fabricantes de Aparatos Domésticos ANFAD, organismo constituido en México, que basado en datos históricos de ventas y participación en el mercado de clases de refrigeradores domésticos y su capacidad, señala que, de acuerdo a lo que se ha podido establecer en el año 2010 la participación en el mercado del refrigerador-congelador con deshielo automático y congelador montado en la parte superior, sin despachador de hielo y refrigeradores solos con deshielo automático (de dos puertas), en tamaños de 10 a 12 pie³, llega a un 80% y el refrigerador solo convencional y refrigerador-congelador con deshielo manual o semiautomático (de una puerta), en tamaños de 8 a 10 pie³, llega a un 10%. [119]

Tabla 2.28 Tipos de artefactos de refrigeración domésticos [118]

| Clasificación según el diseño del producto | Tipo artefacto | Descripción |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Refrigerador Convencional | Refrigerador con compartimiento congelador montado interiormente, en el cual, la superficie refrigerada encierra parcialmente el congelador. Tanto el enfriamiento del compartimiento de alimentos frescos como el compartimiento congelador se realizan por convección natural. Requiere descongelado manual (la acción de descongelado puede terminarse automáticamente). Control simple. |
| 2 | Enfriador Doméstico | Refrigerador sin compartimiento congelador (puede tener un compartimiento para congelación y almacenamiento de hielo) (solo refrigerador). Control simple sin descongelado automático |

| | | |
|----|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Refrigerador – congelador | Combinación refrigerador congelador, con congelador montado en la parte superior. Descongelado automático para el compartimiento de alimentos frescos, se compartimiento congelador. Se diferencia del tipo 4 por la ausencia de la circulación de aire forzado y a menudo por la presencia de una placa enfriadora en la parte posterior del compartimiento de alimentos frescos. |
| 4 | Refrigerador sin escarcha, congelador superior | Artefacto refrigerador y/o refrigerador-congelador sin escarcha con congelador montado en la parte superior, y descongelado automática (sin escarcha), pueden tener controles separados para el congelador y compartimiento de alimentos frescos. Sin servicio de hielo y/o agua a través de la puerta, incluye todos los refrigeradores con descongelado automático. |
| 5 | Refrigerador sin escarcha, congelador inferior | Refrigerador-congelador con el congelador montado en la parte inferior y descongelado automática (sin escarcha) controles separados para el congelador y compartimiento de alimentos frescos. Sin servicio de hielo y/o agua a través de la puerta. |
| 6 | Refrigerador side by side | Combinación refrigerador-congelador con congelador montado al lado del compartimiento de alimentos frescos (side by side) y descongelado automático (sin escarcha). Puede tener controles separados para el congelador y compartimiento de alimentos frescos. Sin servicio de hielo y/o agua a través de la puerta. |
| 7 | Refrigerador sin escarcha, c/dispensador | Combinación refrigerador-congelador con el compartimiento congelador montado, en la parte superior, descongelado automática, y servicio de hielo y/o agua a través de la puerta. |
| 8 | Refrigerador side by side c/dispensador | Combinación refrigerador-congelador con el compartimiento congelado montado al lado del compartimiento de alimentos frescos (side by side) descongelado automática, y servicio de hielo y/o agua a través de la puerta. |
| 9 | Congelador Vertical | Congeladores verticales con descongelación manual |
| 10 | Congelador vertical sin Escarcha | Congeladores verticales no frost |
| 11 | Congelador horizontal sin escarcha | Congelador horizontal no frost |

2.4.2.3 Cálculo del Consumo Energético de Referencia para un Refrigerador Tipo 4

Los datos necesarios para calcular el consumo energético serán los proporcionados por la siguiente tabla.

Tabla 2.29 Características de Refrigeradores [120]

| | |
|-----------------|---------------------------------------------------|
| Marca: | Global |
| Modelo: | Rg-12nf |
| Empresa: | Induglob |
| TIPO | 4 Refrigerador sin escarcha – congelador superior |

| | | |
|-----------------------------------------|----------------|---------|
| Clase Temperatura | °C | St (25) |
| Volumen De Compartimiento Refrigeración | Litros | 174 |
| Volumen De Compartimiento Congelamiento | Litros | 55 |
| Volumen Total | Litros | 229 |
| Temperatura Del Congelador | °C | -12 |
| Temperatura Del Refrigerador | °C | 5 |
| Consumo De Energía Por Año | kWh/Año | 357.7 |
| Clasificación Energética | Según Inen 035 | A |
| Índice De Eficiencia Energética | kWh/Año/Litros | 1.56 |
| Consumo De Energía Por Día | kWh/24 | 0.98 |

$$FA = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_3} \quad [117]$$

Reemplazando los valores, se tiene lo siguiente:

$$FA = \frac{25^{\circ}\text{C} + 12^{\circ}\text{C}}{25^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}} = 1,85$$

Una vez obtenido el factor de ajuste se calcula el Volumen Ajustado con la siguiente expresión:

$$VA = V \text{ bruto alimentos frescos} + (V \text{ bruto compartimiento de baja temperatura} \times FA) \quad [118]$$

$$VA = 174 + (55 * 1,85) = 275.75 \text{ litros}$$

En Ecuador se comercializa refrigeradores para dos tipos de clima que vienen definidos en la norma RTE INEN 035:2009 y estos son: para clima Tropical (T) con temperaturas que van desde 18° C hasta 38°C y para clima Subtropical (ST) con temperaturas que van desde 18°C hasta los 43°C.

2.4.2.4 Consumo energético para clima Subtropical

En la Tabla 2.30 y Tabla 2.31 se puede observar el tipo de refrigerador y la temperatura a la cual está sometido un refrigerador de clima Tropical.

Tabla 2.30 Refrigerador sin escarcha Congelador superior Adaptado de [118]

| | | |
|--------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Clase de clima | ST | Intervalo de temperaturas ambiente a las que está previsto usar el aparato y para las cuales se debe mantener las temperaturas de almacenamiento requeridas, °C |
| | | +18 a +38 |
| Tipo de Artefacto | | Descripción |
| Refrigerador sin escarcha Congelador superior | 4 | Artefacto refrigerador y/o refrigerador-congelador sin escarcha con congelador montado en la parte superior, y descongelado automática (sin escarcha) ,pueden tener controles separados para el congelador y compartimiento de alimentos frescos. Sin servicio de hielo y/o agua a través de la puerta, incluye todos los refrigeradores con descongelado automático. |

Tabla 2.31 Consumo de Energía de Referencia Adaptado de [118]

| ECUACIONES DE LAS RECTAS PARA LOS CONSUMOS DE ENERGÍA DE REFERENCIA | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|---|------|----|---|--------|-----------|
| CER1 | = | 0,53 | VA | + | 205,88 | 1 azul |
| CER2 | = | 0,60 | VA | + | 236,38 | 2 celeste |
| CER3 | = | 0,72 | VA | + | 282,13 | 3 verde |
| REFERENTE NACIONAL | = | 0,78 | VA | + | 305,00 | 4 violeta |
| CER4 | = | 0,84 | VA | + | 327,88 | 5 gris |
| CER5 | = | 0,96 | VA | + | 373,63 | 6 negro |
| CER6 | = | 1,06 | VA | + | 404,13 | 7 rojo |

Una vez obtenido el Volumen de Ajuste se debe obtener el consumo de energía de referencia que está dada por la siguiente expresión:

$$\text{Consumo de Energía} = CER1 * VA + 205,88$$

$$\text{Consumo de Energía de Referencia} = 0,53 * 275,75 \text{ litros} + 205,8 = 351,9475 \frac{\text{kwh}}{\text{año}}$$

2.4.2.5 Consumo energético de refrigeradores domésticos tipo 4 para clima Tropical

En la Tabla 2.32 y Tabla 2.33 se puede observar el tipo de refrigerador y la temperatura a la cual está sometido un refrigerador de clima Subtropical.

Tabla 2. 32 Refrigerador sin escarcha Congelador superior Adaptado de [118]

| | | |
|--------------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Clase de clima | T | Intervalo de temperaturas ambiente a las que está previsto usar el aparato y para las cuales se debe mantener las temperaturas de almacenamiento requeridas, °C |
| | | +18 a +43 |
| Tipo de Artefacto | 4 | Descripción |
| Refrigerador sin escarcha Congelador superior | | Artefacto refrigerador y/o refrigerador-congelador sin escarcha con congelador montado en la parte superior, y descongelado automática (sin escarcha) ,pueden tener controles separados para el congelador y compartimiento de alimentos frescos. Sin servicio de hielo y/o agua a través de la puerta, incluye todos los refrigeradores con descongelado automático. |

Tabla 2.33 Consumo de Energía de Referencia Adaptado de [118]

| ECUACIONES DE LAS RECTAS PARA LOS CONSUMOS DE ENERGÍA DE REFERENCIA | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------------|---|------|----|---|----------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| CER1 | = | 0,22 | VA | + | 548,10 |  | 1 azul |
| CER2 | = | 0,26 | VA | + | 629,30 |  | 2 celeste |
| CER3 | = | 0,31 | VA | + | 751,10 |  | 3 verde |
| REFERENTE NACIONAL | = | 0,33 | VA | + | 812,00 |  | 4 violeta |
| CER4 | = | 0,35 | VA | + | 872,90 |  | 5 gris |
| CER5 | = | 0,40 | VA | + | 994,70 |  | 6 negro |
| CER6 | = | 0,44 | VA | + | 1 075,90 |  | 7 rojo |

Una vez obtenido el Valor de Ajuste se debe obtener el consumo de energía a partir de la siguiente formula:

$$\text{Consumo de Energía} = 0,22 * 275,75 \text{ litros} + 548,10 = 608,765 \frac{\text{kwh}}{\text{año}}$$

2.4.3 Variables del Modelo

La identificación de las variables dentro de una dinámica de sistemas es de mucha importancia, puesto que de éstas dependen los resultados que se obtendrán posteriormente. El análisis y el pronóstico del comportamiento de nuestro sistema obedecen directamente a las variables establecidas en primera instancia. La evolución a futuro de un sistema cualquiera, podrá ser comprendida acertadamente solamente si se logran identificar las causas principales de los posibles cambios, lo cual se facilita si la selección de las variables es correcta. En Dinámica de Sistemas la identificación de estas variables de interés y las relaciones que las unen entre sí determinarán la complejidad del sistema; es decir, mientras más variables, más complejo será nuestro sistema.

Las variables a considerar en el modelo serán:

- variables demográficas,
- variables de pisos térmicos,
- variable de porcentaje penetración de refrigeradores domésticos en Ecuador,
- variables de consumo de energía eléctrica por uso de refrigeradores
- variables que consideran la vida útil del refrigerador

2.4.3.1 Variables demográficas

En lo que respecta a número de habitantes, Ecuador finalizó el 2014 con una población de 16027466 habitantes para el 2015 la población aumento a 16278844 habitantes, lo que representa una tasa de crecimiento del 1.568%. Para este año 2016, el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC estima que la población aumentará 249886 habitantes con respecto al año anterior, llegando así a una población de 16528730 habitantes, representando una tasa de crecimiento del 1.535%.

Hay que remarcar que los datos que a continuación se presenta son proyecciones presentadas por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, y cubren el periodo desde el año 2010 hasta el 2050, observándose en las tablas 2. 34 y 2.35.

Tabla 2. 34 Población ecuatoriana 2010 – 2050. Adaptado de [117]

| AÑOS | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|----------|
| TOTAL (Habitantes) | 15.012.228 | 15.266.431 | 15.520.973 | 15.774.749 | 16.027.466 | 16.278.844 | 16.528.730 | 16776977 | 17023408 |

Tabla 2.35 Población ecuatoriana 2010 – 2050 (continuación)

| AÑOS | 2019 | 2020 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|---------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| TOTAL (Habitantes) | 17267986 | 17510643 | 18693140 | 19814767 | 20858149 | 21806740 | 22648875 | 23377412 |

De acuerdo a la tabla 2.36 y figura 2.35, se presentan el número de habitantes por provincia hasta el 2050. Datos obtenidos del INEC:

Tabla 2. 36 Número de habitantes por provincia. Adaptado de[117]

| AÑO | TOTAL PAÍS | REGIÓN SIERRA | | REGIÓN COSTA | | REGIÓN AMAZÓNICA | | REGIÓN INSULAR | | ZONAS NO DELIMITADAS | |
|------|------------|---------------|--------|--------------|--------|------------------|-------|----------------|-------|----------------------|-------|
| | | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % | TOTAL | % |
| 2010 | 15012228 | 6692336 | 44,58% | 7499401 | 49,96% | 760853 | 5,07% | 25884 | 0,17% | 33754 | 0,22% |
| 2011 | 15266431 | 6808224 | 44,60% | 7616555 | 49,89% | 780529 | 5,11% | 26576 | 0,17% | 34547 | 0,23% |
| 2012 | 15520973 | 6924765 | 44,62% | 7733291 | 49,82% | 800285 | 5,16% | 27284 | 0,18% | 35348 | 0,23% |
| 2013 | 15774749 | 7041335 | 44,64% | 7849237 | 49,76% | 820024 | 5,20% | 28000 | 0,18% | 36153 | 0,23% |
| 2014 | 16027466 | 7157782 | 44,66% | 7964269 | 49,69% | 839722 | 5,24% | 28726 | 0,18% | 36967 | 0,23% |
| 2015 | 16278844 | 7273937 | 44,68% | 8078285 | 49,62% | 859385 | 5,28% | 29453 | 0,18% | 37784 | 0,23% |
| 2016 | 16528730 | 7389686 | 44,71% | 8191269 | 49,56% | 878996 | 5,32% | 30172 | 0,18% | 38607 | 0,23% |
| 2017 | 16776977 | 7504942 | 44,73% | 8303168 | 49,49% | 898547 | 5,36% | 30890 | 0,18% | 39430 | 0,24% |
| 2018 | 17023408 | 7619649 | 44,76% | 8413888 | 49,43% | 918016 | 5,39% | 31600 | 0,19% | 40255 | 0,24% |
| 2019 | 17267986 | 7733725 | 44,79% | 8523453 | 49,36% | 937406 | 5,43% | 32320 | 0,19% | 41082 | 0,24% |
| 2020 | 17510643 | 7847136 | 44,81% | 8631859 | 49,29% | 956699 | 5,46% | 33042 | 0,19% | 41907 | 0,24% |
| 2025 | 18693140 | 8397985 | 44,93% | 9152556 | 48,96% | 1059658 | 5,67% | 36841 | 0,20% | 46100 | 0,25% |
| 2030 | 19814767 | 8925375 | 45,04% | 9636059 | 48,63% | 1162358 | 5,87% | 40671 | 0,21% | 50304 | 0,25% |
| 2035 | 20858149 | 9420088 | 45,16% | 10074335 | 48,30% | 1264743 | 6,06% | 44517 | 0,21% | 54466 | 0,26% |
| 2040 | 21806740 | 9874352 | 45,28% | 10460227 | 47,97% | 1365312 | 6,26% | 48324 | 0,22% | 58526 | 0,27% |
| 2045 | 22648875 | 10282534 | 45,40% | 10789119 | 47,64% | 1462751 | 6,46% | 52041 | 0,23% | 62429 | 0,28% |
| 2050 | 23377412 | 10641006 | 45,52% | 11058691 | 47,31% | 1555955 | 6,66% | 55626 | 0,24% | 66134 | 0,28% |

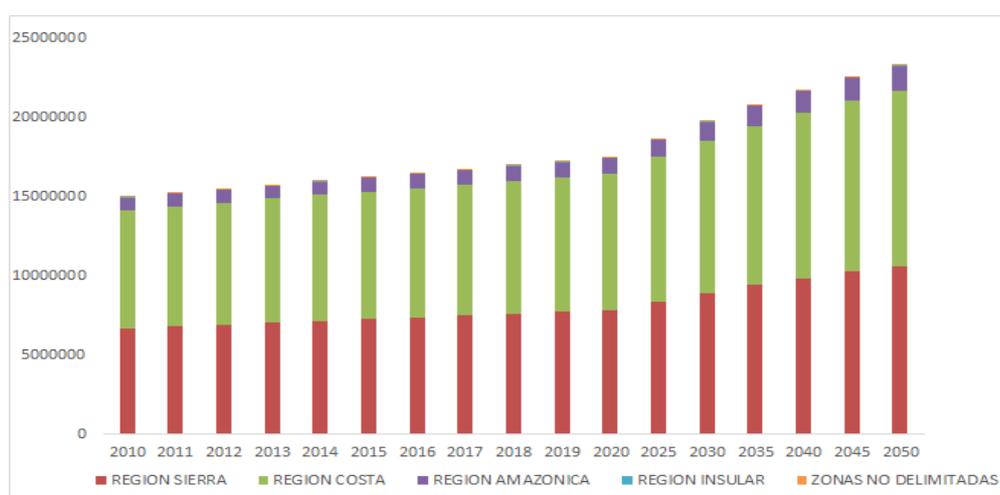


Figura 2.35 Habitantes del Ecuador periodo 2010 – 2050 Fuente: Autores

Gracias a la información otorgada por el INEC de los diferentes censos de población y vivienda (1982, 1990, 2001, 2010) se pudo establecer mediante una proyección, el total de hogares y el promedio de personas por hogar en el Ecuador para el periodo 1982-2050. Tabla 2.37 y figura 2.36 y 2.37.

Tabla 2. 37 Promedio de personas por hogar en Ecuador periodo 1982 - 2050 Fuente: Autores

| AÑO | TOTAL DE HOGARES | PERSONAS POR HOGAR |
|------|------------------|--------------------|
| 1982 | 1595877 | 5,1 |
| 1990 | 2045757 | 4,8 |
| 2001 | 2879935 | 4,2 |
| 2010 | 3810548 | 3,8 |
| 2011 | 3837700 | 3,8 |
| 2012 | 3864852 | 3,8 |
| 2013 | 3943733 | 3,8 |
| 2014 | 4022615 | 3,8 |
| 2015 | 4101496 | 3,8 |
| 2016 | 4180378 | 3,8 |
| 2017 | 4259259 | 3,7 |
| 2018 | 4338141 | 3,7 |
| 2019 | 4417022 | 3,7 |
| 2020 | 4495903 | 3,7 |
| 2025 | 4890310 | 3,6 |
| 2030 | 5284717 | 3,6 |
| 2035 | 5679124 | 3,5 |
| 2040 | 6073531 | 3,5 |
| 2045 | 6467938 | 3,4 |
| 2050 | 6862345 | 3,4 |

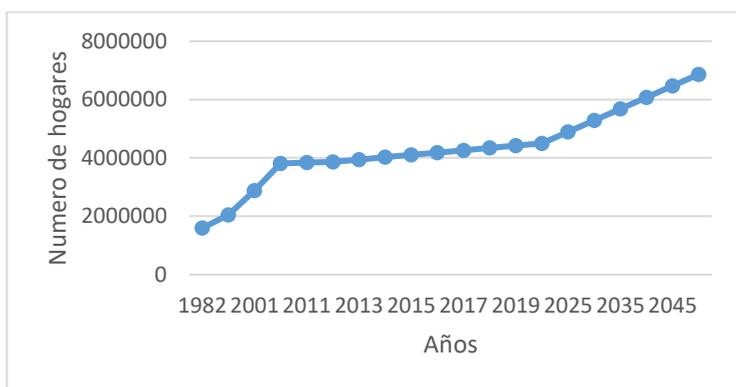


Figura 2.36 Número de hogares periodo 2010 – 2050 Fuente: Autores

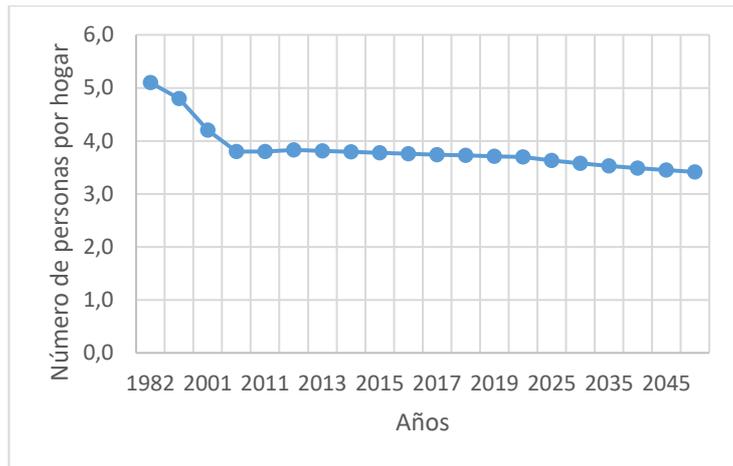


Figura 2.37 Número de personas por hogar periodo 2010 – 2050 Fuente: Autores

2.4.3.2 Variables de Pisos Térmicos

El Ecuador se localiza al noroeste de Sudamérica. Limita al norte con Colombia, al sur y este con el Perú y al oeste con el océano Pacífico (Figura 2.38). Ocupa una superficie de 271.000 Km². La capital de la república del Ecuador es la ciudad de Quito, que se constituye en el Distrito Metropolitano. [121]



Figura 2.38 Ubicación Del Ecuador [121]

El Ecuador por su posición geográfica se encuentra exclusivamente en la zona ecuatorial tropical, pero debido a factores como es la influencia del mar, que combinado con la orientación perpendicular de los Andes, dan como resultado una climatología muy variada. [121]. El clima de Ecuador varía dependiendo de los metros sobre nivel del mar que se encuentra, siendo este el factor principal que caracteriza a los diferentes pisos térmicos que se encuentra en el país teniendo los siguientes pisos térmicos: Glacial (>4.500 m.s.n.m. y 0° C), Frío (2.300 a 3.000 m.s.n.m. y 1° - 15°C)[121], templado (1000 a 2.300 m.s.n.m. 15°C – 24°C), Caliente (<1000m.s.n.m 24°C - 29°C)[121]

En nuestro país se puede distinguir provincias como Guayas, Manabí, Oro, Esmeraldas, Sucumbíos, Napo, Pastaza que tienen un piso térmico Tropical con una temperatura que

va desde los 18°C a 43°C, mientras que en algunas provincias como Azuay, Pichincha, Santo Domingo, Galápagos, tienen un piso térmico Subtropical con una temperatura de 18 a 38°C[122] .

En la tabla 2.38 se puede observar todas las provincias que conforman nuestro territorio nacional, con su respectivo clima y organizadas según la región a la que pertenecen.

Tabla 2. 38 Piso térmico del Ecuador Fuente: Autores

| CIUDAD | CLIMA |
|------------------|-------------|
| AZUAY | Subtropical |
| BOLÍVAR | Subtropical |
| CAÑAR | Subtropical |
| CARCHI | Subtropical |
| COTOPAXI | Subtropical |
| CHIMBORAZO | Subtropical |
| IMBABURA | Subtropical |
| LOJA | Subtropical |
| PICHINCHA | Subtropical |
| TUNGURAHUA | Subtropical |
| SANTO DOMINGO | Subtropical |
| GALÁPAGOS | Subtropical |
| EL ORO | Tropical |
| ESMERALDAS | Tropical |
| GUAYAS | Tropical |
| LOS RÍOS | Tropical |
| MANABÍ | Tropical |
| SANTA ELENA | Tropical |
| MORONA SANTIAGO | Tropical |
| NAPO | Tropical |
| PASTAZA | Tropical |
| ZAMORA CHINCHIPE | Tropical |
| SUCUMBÍOS | Tropical |
| ORELLANA | Tropical |

2.4.3.3 Variables de Porcentaje de Penetración de Refrigeradores Domésticos en Ecuador

Para poder establecer el porcentaje de penetración de refrigeradores domésticos en el Ecuador para los próximos años, fue necesario hacer uso del artículo “Modelo dinámico para el estudio de la aplicación del plan de renovación de refrigeradores domésticos en el Ecuador” figura. 2.39 [123], donde se muestran datos porcentuales desde el año 2010. Estos datos iniciales han permitido establecer una proyección para los próximos años. Tabla 2.39 y tabla 2.40

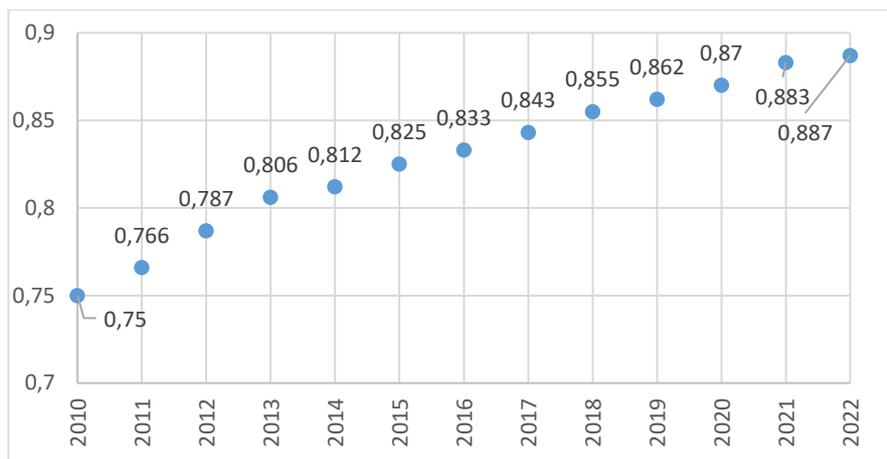


Figura 2.39 Evolución de la penetración de refrigeradores en el Ecuador [124]

Tabla 2.39 Factor de penetración de refrigeradores en Ecuador periodo 2010 – 2019. Fuente: Autores.

| AÑO | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % | 0,75 | 0,766 | 0,787 | 0,806 | 0,812 | 0,825 | 0,833 | 0,843 | 0,855 | 0,862 |

Tabla 2.40 Factor de penetración de refrigeradores en Ecuador periodo 2010 - 2050 Fuente: Autores. (Continuación)

| AÑO | 2020 | 2021 | 2022 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 | 2045 | 2050 |
|-----|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| % | 0,87 | 0,883 | 0,887 | 0,94 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Hay que indicar que según las proyecciones planteadas, a partir del año 2035 se tomará como factor, el valor de 1, debido a que se estima que a partir de este año todos los hogares de la república del Ecuador tendrán por lo menos un refrigerador en sus dominios.

Con estos factores de penetración se puede estimar el número de refrigeradores para el periodo 2010 – 2050, eso se puede observar en la tabla 2.41 y figura 2.40

Tabla 2.41 Número de refrigeradores por piso Térmico. Fuente: Autores

| | | CLIMA FRÍO | CLIMA CÁLIDO | CLIMA TEMPLADO | ZONAS NO DELIMITADAS |
|------|------------------------|------------|--------------|----------------|----------------------|
| AÑO | TOTAL (Nivel Nacional) | TOTAL | TOTAL | TOTAL | TOTAL |
| 2010 | 2857911 | 1274035 | 1572523 | 4928 | 6426 |
| 2011 | 2939678 | 1310980 | 1616928 | 5117 | 6652 |
| 2012 | 3041639 | 1357043 | 1672321 | 5347 | 6927 |
| 2013 | 3178649 | 1418846 | 1746877 | 5642 | 7285 |
| 2014 | 3266363 | 1458741 | 1794235 | 5854 | 7534 |
| 2015 | 3383734 | 1511967 | 1857792 | 6122 | 7854 |
| 2016 | 3482255 | 1556851 | 1910913 | 6357 | 8134 |

| | | | | | |
|------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 2017 | 3590555 | 1606184 | 1969322 | 6611 | 8439 |
| 2018 | 3709110 | 1660192 | 2033263 | 6885 | 8771 |
| 2019 | 3807473 | 1705234 | 2086055 | 7126 | 9058 |
| 2020 | 3911436 | 1752852 | 2141842 | 7381 | 9361 |
| 2025 | 4547989 | 2043206 | 2484603 | 8963 | 11216 |
| 2030 | 5179023 | 2332842 | 2822403 | 10630 | 13148 |
| 2035 | 5679124 | 2564842 | 3087332 | 12121 | 14830 |
| 2040 | 6073531 | 2750167 | 3293605 | 13459 | 16300 |
| 2045 | 6467938 | 2936428 | 3498820 | 14862 | 17828 |
| 2050 | 6862345 | 3123625 | 3702979 | 16329 | 19413 |

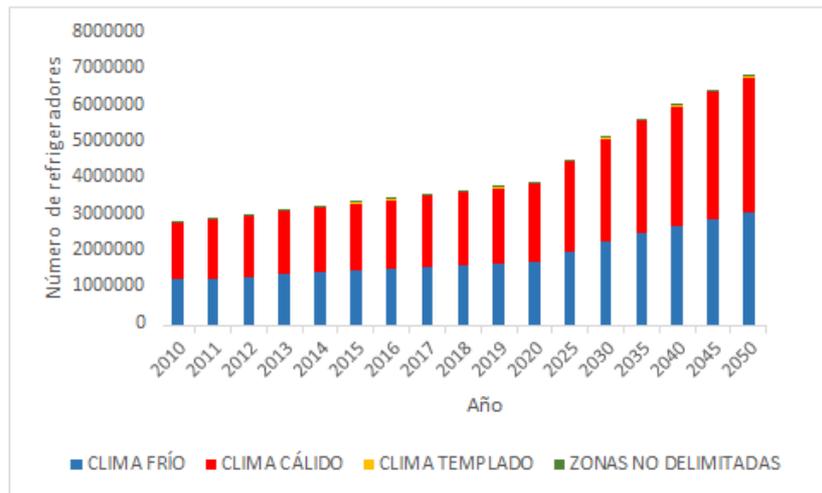


Figura 2.40 Número de refrigeradores periodo 2010 – 2050 Fuente: Autores

Valor de consumo de energía eléctrica por grupo de vida útil del refrigerador

Un refrigerador doméstico Sun Frost RF12-DC Refrigerator/Freezer de 693 litros en adelante que se encuentra en condiciones nuevas con un consumo de 352 kWh/año, de 1 a 10 años de operación puede llegar a consumir hasta 585 kWh/año; uno de 11 a 20 años de operación puede llegar a consumir hasta 1025 kWh/año y uno de 21 a 30 años de operación puede llegar a consumir hasta 1540 kWh/año.

2.4.4 Diagramas causales

Se plantea relacionar todas las variables mediante relaciones causales que constituirán el modelo, de esta manera se intentará explicar las dos pantallas con las que se construyó el modelo general de simulación; que evalúa la Implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeradoras Domésticas: caso Ecuador. El modelo considera la distribución poblacional, vida útil del equipo, y también, todos aquellos aspectos climáticos (tropical y subtropical) del país que determinan una diferencia considerable en el consumo eléctrico de los refrigeradores. Los diagramas causales establecidos en el modelo son los siguientes:

- Índices de Eficiencia Energética en refrigeradores domésticos
- Porcentaje de refrigeradores según sus años de funcionamiento

2.4.4.1 Diagrama causal de los Índices de Eficiencia Energética en refrigeradores domésticos

Este diagrama está compuesto por varios ciclos de realimentación, estableciéndose ciclos de balance en las variables que determinan los índices de eficiencia energética para los refrigeradores domésticos. Se determinó dos tipos de índices con nuestro modelo propuesto, estos son: Índice real de eficiencia energética de refrigeradores tipo 4 en el mercado nacional, Índice de referencia de eficiencia energética de refrigeradores tipo 4 para el mercado nacional, (ver figura 2.41)

2.4.4.2 Diagrama causal del Porcentaje de refrigeradores según sus años de funcionamiento.

Este diagrama está compuesto por varios ciclos de realimentación, estableciéndose ciclos de balance en las variables que determinan el porcentaje de refrigeradores existentes en cada grupo clasificado por vida útil, esto es: refrigeradores nuevos, refrigeradores de 1 a 10 años, refrigeradores de 11 a 20 años, refrigeradores de 21 a 30 años, (ver figura 2.42).

Por otro lado, los ciclos de refuerzo establecen el porcentaje de refrigeradores candidatos a ser chatarrizados y también el porcentaje de refrigeradores dañados (ver figura 2.41).

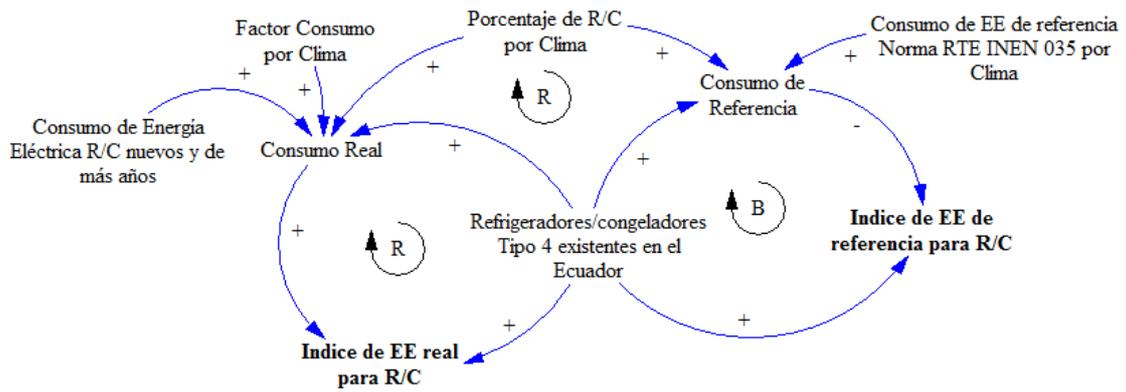


Figura 2.41 Diagrama causal de los Índices de Eficiencia Energética en refrigeradores domésticos. Fuente: Autores

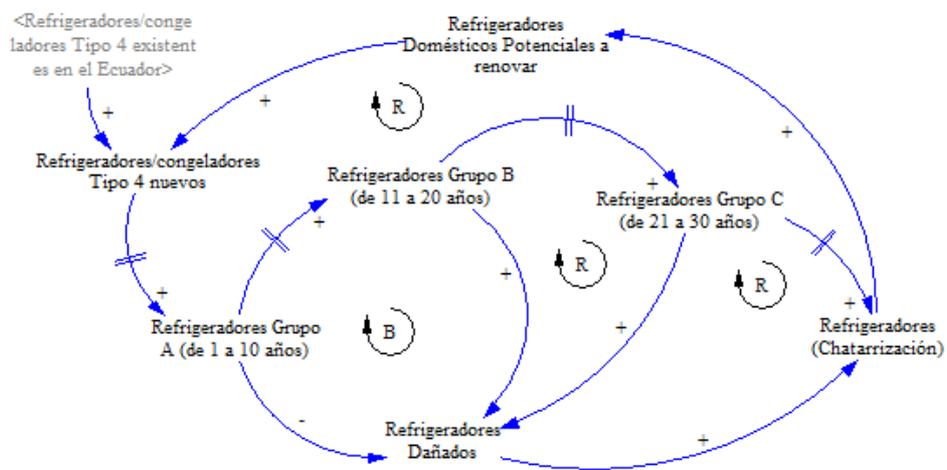


Figura 2.42 Diagrama causal del Porcentaje de refrigeradores según sus años de funcionamiento. Fuente: Autores

3. Marco Metodológico.

3.1 Propuesta de Solución

Los estudios y análisis que se establecieron sobre la temática de índices de eficiencia energética en varios países de Latinoamérica, fueron un aporte sustancial para la construcción del modelo de simulación que utiliza la metodología de Dinámica de Sistemas, la evaluación de su pertinencia y sobre todo su efectividad en la proyección del ahorro de energía eléctrica para una realidad específica, fue importante para el desarrollo del mismo.

3.2 Metodología

A continuación se presenta la estructura metodológica que permitió desarrollar el diseño de este trabajo de titulación.

3.2.1 Nivel de investigación

De acuerdo con el problema planteado anteriormente, la investigación que se llevó a cabo fue de tipo Perceptual, Aprehensiva y Comprensiva.

Ya que se consiguió cumplir con los objetivos en función de los resultados de la simulación de un modelo dinámico que calcula los valores de índices de eficiencia energética en refrigeración doméstica, en función de la implementación de planes y programas que consigan disminuir refrigeradores de más de 10 años de los hogares ecuatorianos, la pertinencia y la efectividad de estos resultados dependen de los variables de entrada y sobretodo de la información histórica que se posea a fin de asegurar que las proyecciones a largo plazo sean pertinentes.

- Investigación perceptual (exploratoria, descriptiva)

Porque se exploró un campo de la ciencia, que en el Ecuador no ha sido ampliamente explorado.

- Investigación aprehensiva (analítica, comparativa)

Este nivel de investigación ha permitido en primera instancia analizar los distintos planes y políticas de eficiencia energética que se han implementado en países latinoamericanos para luego, mediante tabulaciones compararlas con varias de las medidas adoptadas en nuestra región.

- Investigación Comprensiva (explicativa, predictiva, proyectiva)

Por último, se ha propuesto un modelo dinámico que permitió evaluar los índices de eficiencia energética en refrigeración doméstica que se puede conseguir en el Ecuador.

3.2.2 Diseño de la investigación

En función del problema planteado y los objetivos que fueron definidos al inicio de este trabajo, el estudio propuesto se adecuó a los propósitos de la investigación documental y experimental piezas claves para dar respuesta al problema planteado.

- **Investigación Documental:** A través de la obtención y análisis de datos procedentes de materiales impresos u otros tipos de documentos se definió y estructuró la investigación.
- **Investigación Experimental:** las variables que permitió calcular los índices de eficiencia en refrigeradores domésticos, fueron los insumos principales para desarrollar el modelo dinámico, que fue objetivo de esta investigación.

3.2.3 Los instrumentos de recolección de información

Para el desarrollo de esta investigación, fue necesario el uso de herramientas que permitieron recolectar la mayor cantidad de información posible, esto, con el fin de obtener un conocimiento más profundo de la realidad de la problemática.

Una de las herramientas más importantes para el proceso de investigación, fue la consulta de documentos escritos, formales e informales, que permitieron la obtención de datos necesarios para este trabajo. Así mismo la recopilación documental de antecedentes relacionados con la investigación fue de mucha ayuda en el desarrollo de la misma.

Fuentes de análisis como la Agencia Internacional de la Energía IEA, el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo EBRD, Latina América y el Caribe LAC y Países del norte de África y Oriente Medio MENA, poseen información de algunos aspectos, que fueron de mucha ayuda.

3.2.4 Fases metodológicas

Fase I

Analizar las políticas de eficiencia energética implementadas en algunos países de Latinoamérica como México, Chile, Colombia, Ecuador, etc.

Fase II

Identificar los índices de eficiencia energética para refrigeradores domésticos que están siendo aplicados por varios países de Latinoamérica y las metodologías utilizadas para la obtención.

Fase III

Establecer un análisis comparativo de los índices de eficiencia energética en refrigeración doméstica en Latinoamérica.

Fase IV

Establecer las variables y construir diagramas causales, en base a los datos, valores e información histórica de cada una de las variables.

Fase V

Construir el modelo mediante el uso del software Ven Sim PLE y validarlo con la información histórica a fin de asegurar la proyección de resultados a través de escenarios.

4. Resultados Obtenidos

En este capítulo se plantea el desarrollo de un modelo de simulación de Dinámica de Sistemas que permita estudiar el comportamiento de índices de eficiencia en refrigeradores domésticos en base a políticas de eficiencia que se puedan implementar en el Ecuador hasta el año 2050. El desarrollo se lo realizará mediante el software Vensim® PLE Plus, el cual permite modelar el sistema a partir de las variables determinadas y estudiadas en el capítulo 4. Finalmente, el modelo será validado mediante la comparación con la información histórica y la verificación de las proyecciones en base al establecimiento de diferentes escenarios.

Este capítulo cumplirá con uno de los objetivos específicos: “Construir el modelo mediante el uso del software Ven Sim PLE y presentar resultados de proyección a través de escenarios.”

A continuación, se presenta el modelo que se utilizará en los escenarios

4.1 Resultados de la simulación

El período de análisis se ha establecido para el 2010 – 2050, mismo que considera información histórica desde el año 2010.

La simulación del modelo se realiza mediante el uso del software libre VenSim® PLE.

Como datos de partida se ha establecido las siguientes variables:

Evolución de la penetración de refrigeradores en el Ecuador.- en la figura 7.1 se puede observar datos de la penetración de refrigeradores domésticos en el Ecuador desde el año 2010 hasta 2015, obtenidos de las bases de datos del INEC, estos datos sirvieron para establecer una proyección calculada mediante una función matemática, lo que ha permitido estimar que al 2030 este factor será del 100%, en otras palabras en los hogares ecuatorianos a partir del año 2030 todos los hogares contarían al menos con un refrigerador doméstico (Figura 4.43)

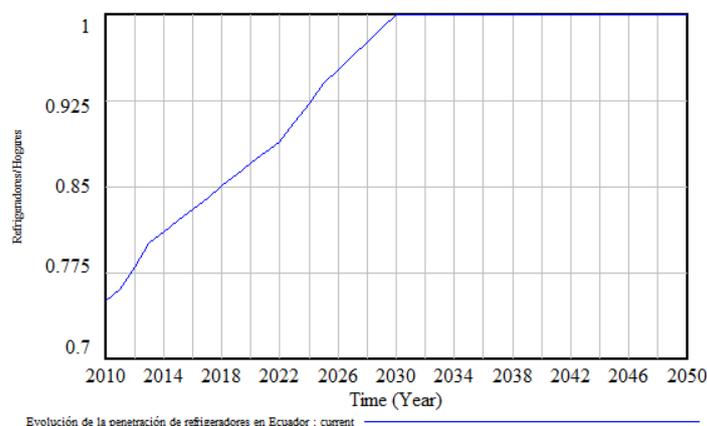


Figura 4.43 Evolución de la penetración de refrigeradores en el Ecuador. Fuente autores

Población del Ecuador.- El INEC cuenta con datos de proyección del número de habitantes del Ecuador hasta el 2050, los cuales se basan en el dato inicial del año 2010,

de 15.012.228 de habitantes. En la figura 4.44 se puede ver que al 2050 la población ecuatoriana llegara a 23.377.412

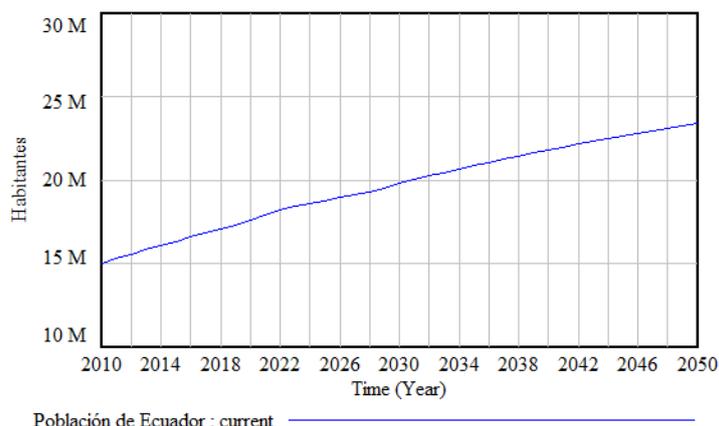


Figura 4.44 Población del Ecuador 2010-2050. Fuente autores

Número de hogares existentes en el Ecuador.- se registra un promedio de personas por hogar de 3,8 miembros a nivel nacional para el año 2010. Para el año 2050 en el Ecuador se prevé un promedio de 3.4 miembros por hogar. En la figura 4.45 se puede verificar un total aproximado de 6.857.710 de hogares proyectados para el año 2050.

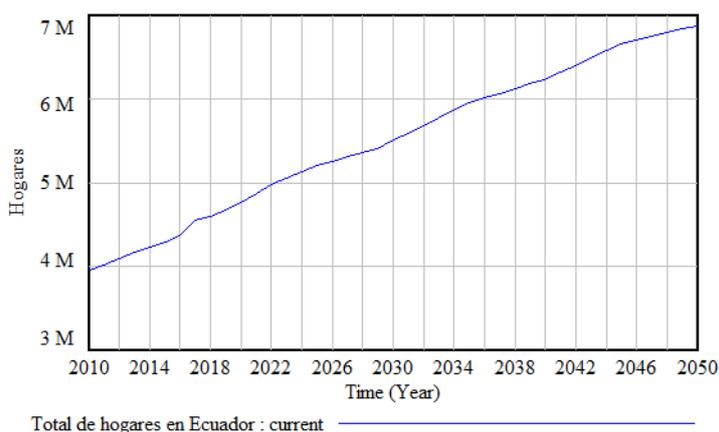
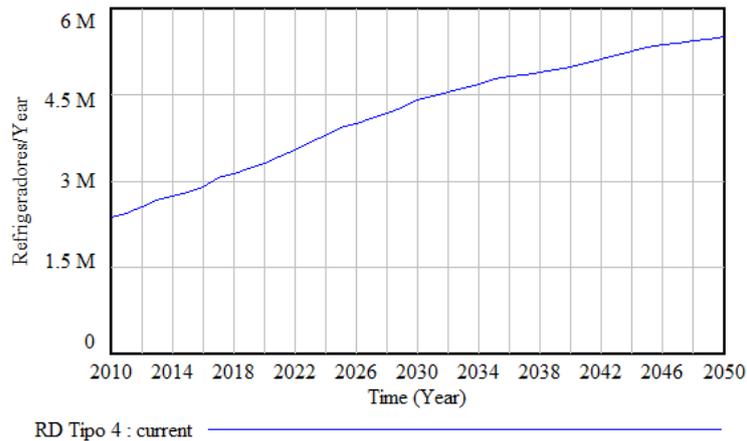


Figura 4.45 Proyección del total de hogares en el Ecuador. Fuente autores

Demanda de Refrigeradores Domésticos.- En varios países de Latinoamérica, el refrigerador de mayor adquisición es el de tipo 4 Refrigerador/Congelador, con un porcentaje del 80% con respecto al resto de refrigeradores a nivel nacional, en la figura 7.4 se puede observar la demanda de refrigeradores nuevos por hogares formados en Ecuador. De esta manera se puede estimar que para el año 2050 habrá una demanda 5.500.560 unidades.



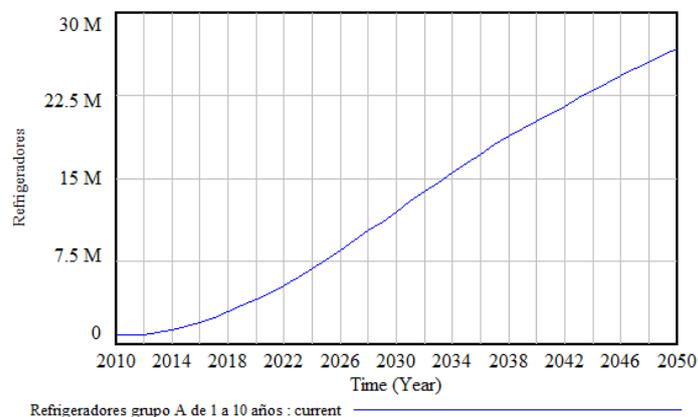
RD Tipo 4 : current
 Figura 4.46 Demanda de refrigeradores/ congeladores por hogares nuevos formados. Fuente autores.

Consumo de energía eléctrica de un refrigerador doméstico.- estos equipos consumen más energía eléctrica a medida que se incrementa su vida útil, es así que se ha establecido rangos de consumo eléctrico según sus años de operación, en los que se puede mencionar los siguientes:

- Refrigerador nuevo el consumo está en el orden de 351.94 kWh/año
- Refrigeradores de 1 a 10 años de funcionamiento el consumo estaría en valores alrededor de 585 kWh/año
- Refrigerador de 11 a 20 años de operación puede llegar a consumir hasta 1025 kWh/año.
- Refrigerador que ha venido funcionando por más de 21 años, su consumo bordearía los 1540 kWh/año.

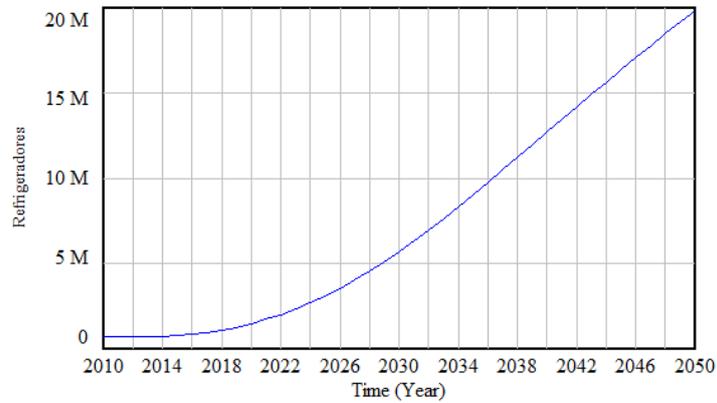
Cantidad de refrigeradores por grupo de vida útil.- Los resultados en la simulación del modelo, en correspondencia a la variable “Cantidad de refrigeradores por vida útil” son los siguientes:

En el modelo se ha considerado para el primer grupo, a los refrigeradores de 1 a 10 años en donde se observa como resultado una proyección de 7.5 millones de refrigeradores para el año 2025



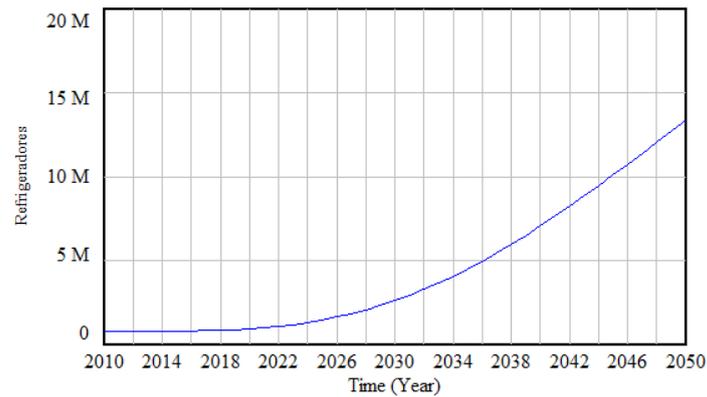
Refrigeradores grupo A de 1 a 10 años : current
 Figura 4. 47 Refrigerador de 1 a 10 años. Fuente autores.

En el segundo grupo se encuentran los refrigeradores que están dentro de un periodo de funcionamiento que va desde los 11 a los 20 años, pudiéndose observar que para el año 2020 va a existir un total aproximado de 3 millones de refrigeradores.



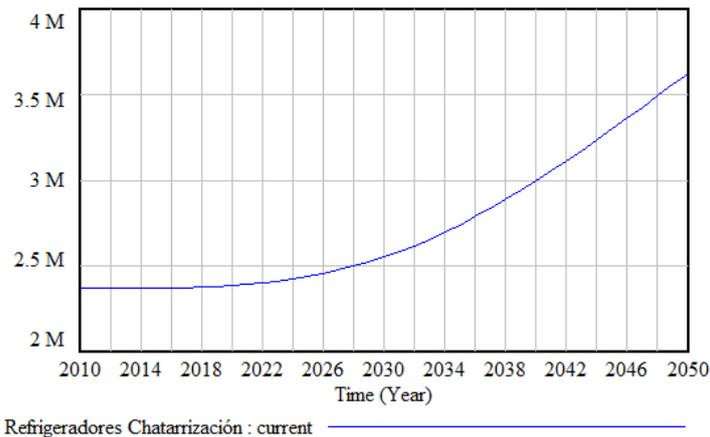
Refrigeradores grupo A de 11 a 20 años : current
 Figura 4.48 Refrigerador de 11 a 20 años. Fuente autores.

En el último grupo se encuentran los refrigeradores que van desde los 21 a 30 años de funcionamiento, en donde se puede observar que para el año 2025 existirá un total de 1 millón de refrigeradores.



Refrigeradores grupo A de 21 a 30 años : current
 Figura 4.49 Refrigerador de 21 a 30 años. Fuente autores.

En la figura 4.50 podemos observar el incremento de aquellos refrigeradores, que por su edad serían candidatos a ser chatarrizados, cabe indicar que en el modelo se considera también en este grupo los refrigeradores con daño severo, se puede diferenciar que para el año 2025 existirán 2.4 millones de refrigeradores que deben ser reciclados.

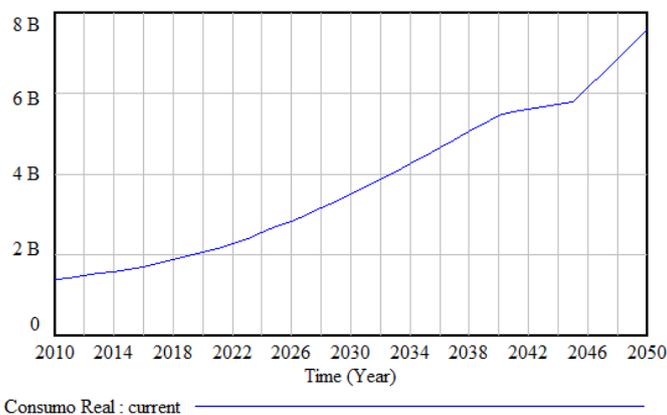


Refrigeradores Chatarrización : current
 Figura 4.50 Refrigerador de Chatarrización. Fuente autores.

Influencia del piso térmico en el consumo de energía eléctrica de un refrigerador.-

Según las variables establecidas y los datos relevantes que fueron necesarios para la construcción del modelo se pudo conocer que la mayor parte de refrigeradores funcionan en clima tropical en un 55% con respecto al volumen total, mientras que el otro 45% funcionan en clima subtropical.

Para obtener el consumo real del refrigerador en los años próximos, se debe establecer una operación donde se involucre: consumo de energía y la vida útil de los refrigeradores, numero de refrigeradores según el clima donde se encuentran operando y elW total de refrigeradores/congeladores en el Ecuador. De esta manera se obtuvo los siguientes resultados: en el año 2010 se presentó un consumo total de 1.380 TWh/año y se proyecta para el año 2025 un consumo de 2.700 TWh/año



Consumo Real : current
 Figura 4. 51 Consumo Real del Refrigerador en TWh/año. Fuente autores.

Consumo de referencia en refrigeradores domésticos.- para determinar esta variable, fue necesario hacer uso del reglamento RTE INEN 035 puesto en vigencia desde el año 2009. Los datos obtenidos fueron los siguientes: para clima subtropical el consumo de referencia es de 351.94 kWh/año y para el clima tropical el consumo es 608.765 kWh/año.

Para obtener el consumo de referencia de los refrigeradores domésticos en el período de análisis, se hace uso de las siguientes variables: Refrigeradores/congeladores existentes en el Ecuador y Porcentaje de refrigeradores domésticos que funcionan en Clima Subtropical y también de aquellos que funcionan en Clima Tropical. La relación que se estableció entre todas las variables mencionadas, dio como resultado al año 2025 un

consumo cercano a los 2.000 TWh/año, llegando a un valor aproximado de 2.600 TWh/año para el 2050.

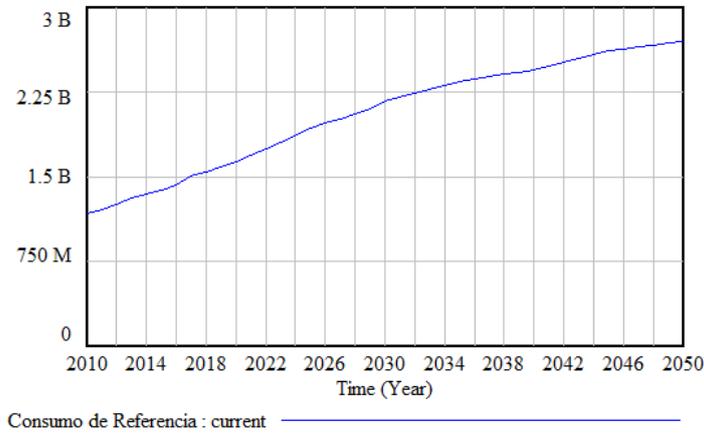


Figura 4.52 Consumo de Referencia del Refrigerador en TWh/año. Fuente autores.

Índice de Eficiencia Energética.- Una vez que se ha establecido el consumo real y el consumo de referencia del equipo, se procede a obtener el Índice de Eficiencia Energética, que no es más que el resultado del cociente entre el consumo real y el consumo de referencia. Así pues, el resultado obtenido de tal relación para los años 2010 al 2025 mantiene un valor promedio de 1.2, lo que significa que en el Ecuador se encuentran funcionando un gran porcentaje de refrigeradores domésticos eficientes; sin embargo a partir del 2026 este valor se incrementa hasta llegar a un valor de 2.81 en 2050, indicando que no se ha presentado renovación de equipos y que el índice país está en valores que representan ineficiencia energética.

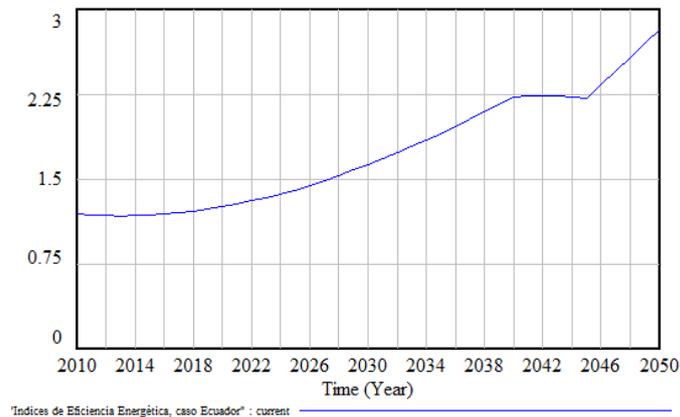


Figura 4.53 Índice de Eficiencia Energética de un refrigerador. Fuente autores.

4.2 Análisis de Resultados Bajo Escenarios

La posibilidad de introducir otros valores en distintas variables relacionadas con la variable “consumo real” de energía eléctrica del grupo total de refrigeradores/congeladores existentes en el Ecuador e identificados en el modelo de simulación para determinar el Índice de Eficiencia Energética para refrigeradores domésticos en el Ecuador, representa una herramienta de mucha importancia para

establecer escenarios distintos que posibiliten identificar circunstancias adversas que podrían presentarse en la realidad del país.

Estos escenarios aportan sustancialmente en el ajuste del modelo y sobretodo los resultados obtenidos son la base para el establecimiento de estrategias y políticas que pueden ser implementadas a mediano y largo plazo.

En este sentido se establecen tres escenarios de simulación del modelo dinámico para el estudio de la implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica en el Ecuador, de acuerdo a lo siguiente

Escenario 1: Este escenario se establece con criterios optimistas, por lo que se considera que la variable consumo de energía eléctrica de refrigeradores que se encuentran en el grupo de 21 a 30 años será de 0, por cuanto habrán desaparecido de los hogares ecuatorianos; además de esto en el mercado se comercializarán refrigeradores más eficientes, considerando una disminución del 10% en el consumo de energía eléctrica para refrigeradores nuevos, del grupo 1 a 10 años y del grupo de 11 a 20 años.

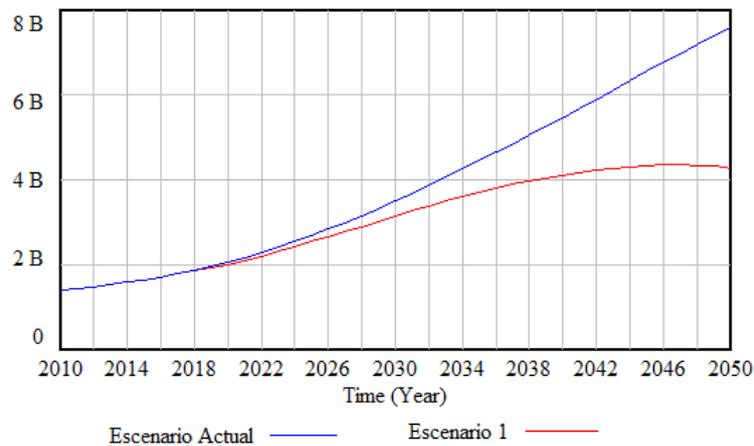


Figura 4.54 Consumo energético: Escenario actual vs Escenario 1. TWh/año Fuente autores.

Como se puede observar en la figura 4.55 el consumo energético establecido en el escenario 1 es mucho menor en comparación con el escenario actual, esto debido a las medidas ya mencionadas anteriormente. El retiro de los equipos con más de 20 años representa una gran disminución en el consumo eléctrico.

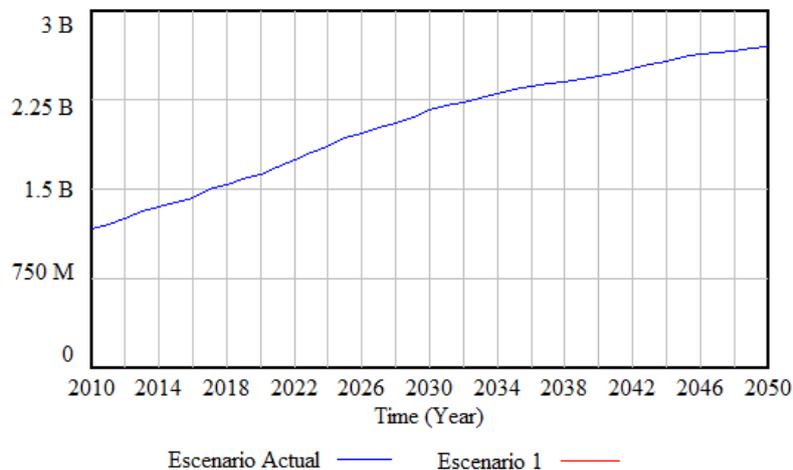


Figura 4.55 Consumo de Referencia del Refrigerador. TWh/año Fuente autores.

La figura 4.56 nos muestra el consumo de referencia, el mismo que se mantendrá debido a que no se ha hecho modificación alguna respecto a la actual.

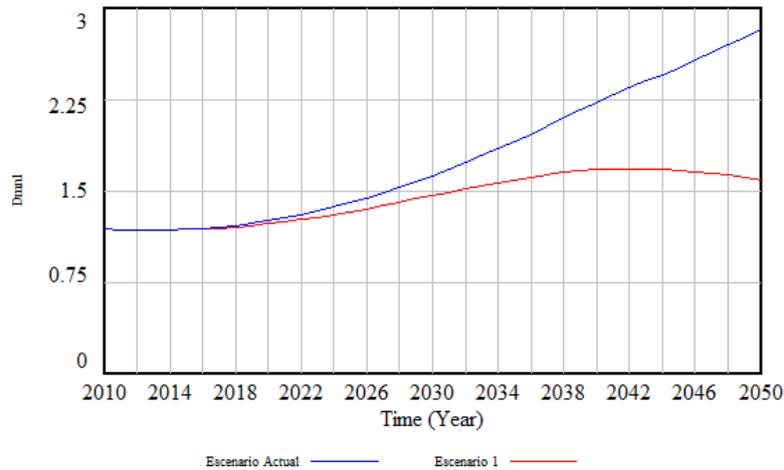


Figura 4.56 Índice de Eficiencia Energética de un refrigerador: Valor Adimensional. escenario actual vs escenario 1. Fuente autores.

En cuanto al índice de eficiencia energética, éste disminuye considerablemente respecto al actual, es necesario remarcar la disminución que va desde un 2.81 a 1.60. Figura 4.56

Escenario 2: Este escenario se establece con criterios que se ubican en una posición media entre optimista y pesimista, por lo que se considera que la variable consumo de energía eléctrica de refrigeradores que se encuentran en el grupo de 21 a 30 años será del 50% con referencia al valor actual, por cuanto habrán desaparecido de los hogares ecuatorianos al menos un 50% de ellos; además de esto en el mercado se comercializarán refrigeradores más eficientes, considerando una disminución del 5% en el consumo de energía eléctrica para refrigeradores nuevos, del grupo 1 a 10 años y del grupo de 11 a 20 años.

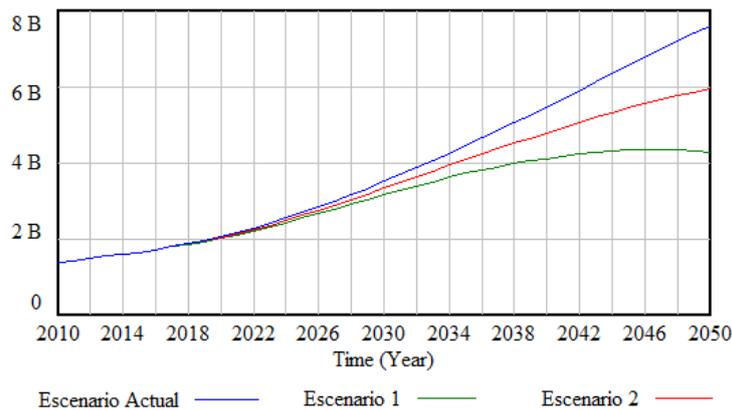


Figura 4.57 Consumo energético en TWh/año: Escenario actual vs Escenario 1 vs Escenario 2. Fuente autores.

Como se puede observar en la figura 4.57 el consumo energético bajo las condiciones del escenario 2 se ha reducido notablemente, sin embargo, el consumo en este escenario es mayor al que presenta el escenario 1

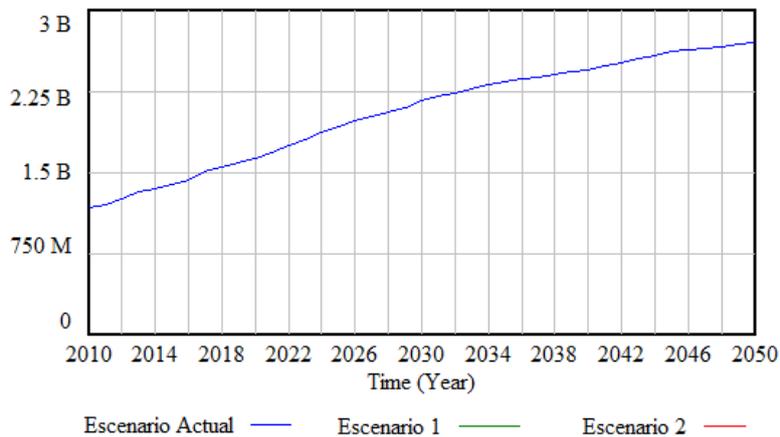


Figura 4.58 Consumo de Referencia del Refrigerador en TWh/año. Fuente autores.

Para la figura 4.58, el consumo de referencia se sigue manteniendo igual al del escenario actual y escenario 1, esto debido a que este consumo fue obtenido mediante la reglamentación vigente en el país, es decir, si la reglamentación fuera modificada por alguna razón este consumo también sería diferente. Para el desarrollo de esta investigación, el consumo de referencia se mantendrá y no sufrirá cambio alguno.

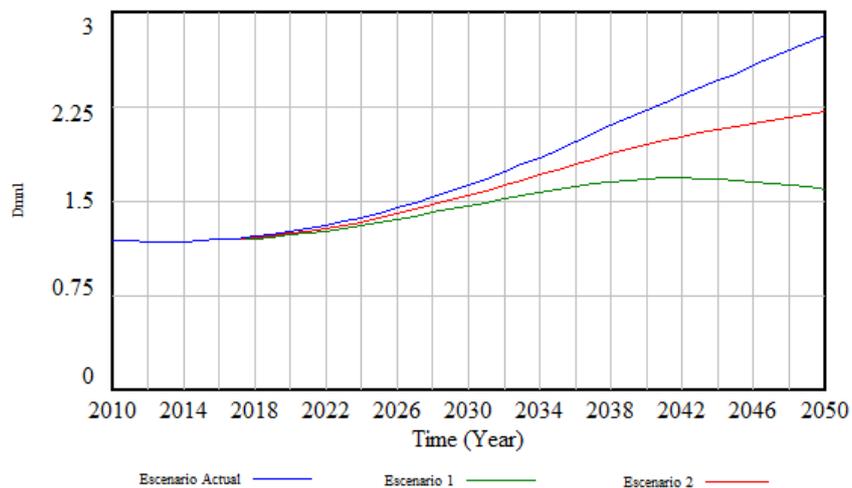
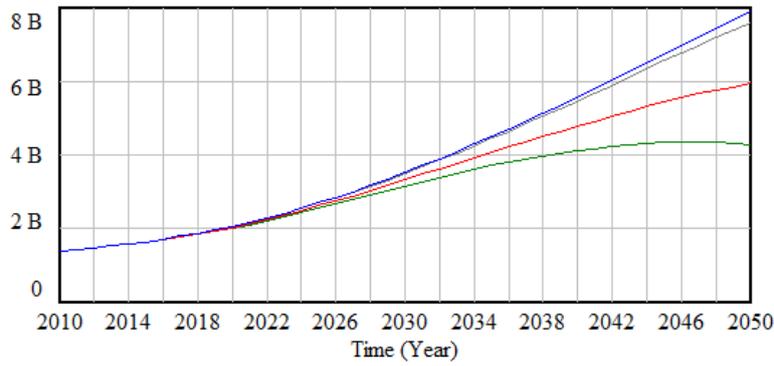


Figura 4.59 Índice de Eficiencia Energética de un refrigerador Valor adimensional. Fuente autores.

En la Figura 4.59 se puede observar la disminución del índice de eficiencia del escenario 2 con respecto al índice de eficiencia del escenario actual, sin embargo y como era de esperarse, el índice de eficiencia del escenario 1 sigue siendo mucho menor.

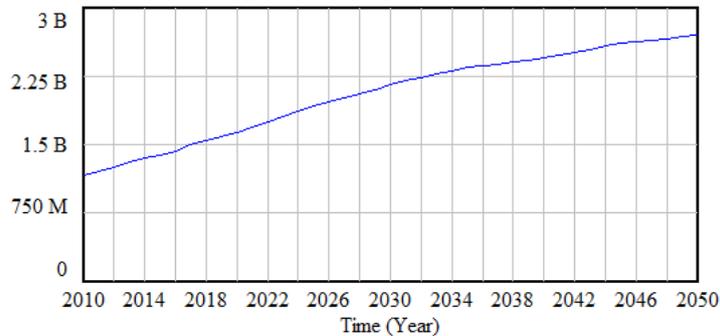
Escenario 3: Este escenario se establece con criterios pesimistas, por lo que se considera que la variable consumo de energía eléctrica de refrigeradores que se encuentran en el grupo de 21 a 30 años será de un 10% adicional, por cuanto en los hogares ecuatorianos habrán más de estos refrigeradores; además de esto en el mercado se seguirán comercializando refrigeradores con eficiencias similares al escenario actual.



Escenario Actual — Escenario 1 — Escenario 2 — Escenario 3 — Escenario 4

Figura 4.60 Consumo energético en TWh/año: Escenario actual vs Escenario 1 vs Escenario 2 vs Escenario 3. Fuente autores.

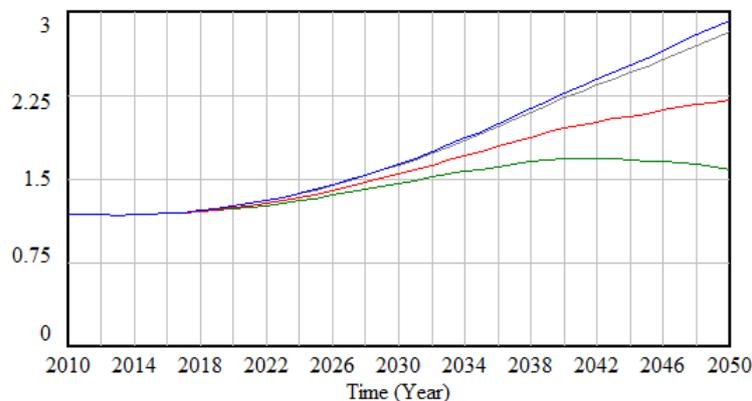
Las condiciones establecidas para el escenario 3 nos presenta una disminución de consumo energético casi imperceptible con respecto al escenario actual, el consumo para este escenario está muy por encima del que nos presenta los escenarios 1 y 2, esto se puede observar claramente en la figura 4.60



Escenario Actual — Escenario 1 — Escenario 2 — Escenario 3 — Escenario 4

Figura 4.61 Consumo de Referencia del Refrigerador en TWh/año. Fuente autores.

El consumo de referencia presentado en la figura 4.61 se mantiene igual al de los escenarios 1 y 2, la razón ya se mencionó anteriormente.



Escenario Actual — Escenario 1 — Escenario 2 — Escenario 3 — Escenario 4

Figura 4.62 Índice de Eficiencia Energética de un refrigerador. Valor adimensional. Fuente autores.

En la figura 4.62 es posible observar la variación de los índices de eficiencia para los tres escenarios presentados. Sin duda alguna, el índice de eficiencia energética del escenario 1 es el menor y es el más óptimo de los 3 escenarios establecidos para el estudio.

Luego del análisis desarrollado los escenarios 1 y 2 resultan ser más ventajosos en comparación con el escenario 3. Los apoyos económicos y las medidas a tomar deberán enfocarse en la salida de funcionamiento de los refrigeradores de más de 20 años de uso, esto, como se ha venido mencionando durante el desarrollo de este proyecto, traería consigo ahorros considerables a nivel familiar y por consiguiente a nivel nacional.

5. Conclusiones.

En Ecuador, el consumo energético en el sector residencial es causado por el uso continuo de electrodomésticos. Uno de los equipos que más consume electricidad dentro de un hogar a nivel nacional es el refrigerador, con un consumo aproximado del 30% de energía eléctrica con respecto al consumo total del hogar, sin embargo, según estadísticas, en el Ecuador gran parte de los hogares utilizan refrigeradores de más de 15 años de vida útil, razones que han hecho que el consumo energético se incremente considerablemente hasta valores que oscilan un 60%. Por este motivo, se decidió desarrollar un modelo que permite estudiar el comportamiento del índice de eficiencia energética a nivel de país, en referencia a equipos de refrigeración doméstica.

En la revisión de la literatura realizada a lo largo de la investigación fue posible identificar la normativa nacional que rige el etiquetado de electrodomésticos e índices de eficiencia energética. Además, fue posible identificar otras políticas energéticas establecidas para diferentes sectores de la población, mismas que están encaminadas a reducir el consumo de energía a nivel nacional. A partir de la identificación de este grupo de políticas, se pudo conocer que la disminución del consumo de energía eléctrica a través de la incorporación de estándares, planes de etiquetado y más acciones en eficiencia energética ha sido de interés no solo para los gobiernos de países desarrollados sino también para aquellos que se encuentran en vía de desarrollo.

La falta de publicidad del sistema de etiquetado en el Ecuador, por parte de las empresas fabricantes y del gobierno han contribuido a que los usuarios de electrodomésticos no le den la importancia suficiente a la hora de elegir, ya que en la mayoría de caso se compra en función del precio, capacidad y modelo, sin importar mucho la eficiencia energética que posean. Por otro lado, algunos fabricantes que exportan su producto utilizan distintas etiquetas energéticas de acuerdo al país de destino, esto ha generado confusión ya que muchas de las veces se comercializan en el país equipos con doble etiqueta. Se concluye además, que la falta de homogeneidad en el etiquetado puede afectar la decisión del consumidor al momento de la compra de cualquier electrodoméstico.

Durante el desarrollo de esta investigación se conoció que en el Ecuador está en vigencia desde el año 2009, el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 035:2009 “EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARTEFACTOS DE REFRIGERACIÓN DE USO DOMÉSTICO. REPORTE DE CONSUMO DE ENERGÍA, MÉTODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO”. Al revisar esta información se debe considerar que las etiquetas van dirigidas hacia el consumidor, por tanto debe ser muy visibles y muy bien explícitas para que desde un inicio sea una influencia positiva a la hora de comprar refrigeradores nuevos.

De acuerdo con la revisión de modelos y estudios que aplican políticas de eficiencia energética y las diferentes metodologías de simulación consultadas se puede afirmar que la Dinámica de Sistemas es una metodología pertinente que utiliza herramientas informáticas versátiles para modelar cualquier tipo de sistema, utilizando para ello lazos de retroalimentación entre sus variables. La facilidad para estructurar y desarrollar cualquier modelo que permita estudiar un comportamiento específico de un sistema dinámico, ha influenciado en la decisión de utilizar esta metodología y sus herramientas para la elaboración del modelo dinámico para el estudio de la implementación de Índices de Eficiencia Energética en Refrigeración Doméstica para el Ecuador.

La identificación de las variables dentro de una dinámica de sistemas es de mucha importancia, puesto que de éstas dependen los resultados que se obtendrán posteriormente. El análisis y el pronóstico del comportamiento del sistema obedecen directamente a las variables establecidas. La evolución de un sistema cualquiera, podrá ser comprendida acertadamente, solamente si se logran identificar las causas principales de los posibles cambios, lo cual se facilita si la selección de las variables es correcta. En Dinámica de Sistemas la identificación de estas variables de interés y las relaciones que las unen entre sí, determinan la complejidad del sistema; es decir, mientras más variables, más complejo será el sistema. Esta relación a más de determinar la complejidad del modelo, también le aproximan más a la realidad de la situación estudiada.

El uso correcto del software libre VenSim® PLE y de todas las variables permite tener una visión más acertada de la realidad en el uso de índices de eficiencia en refrigeradores domésticos en nuestro país. Por medio de la representación gráfica de las variables más importantes, como son: identificación de refrigeradores domésticos y años de vida útil, consumo de energía eléctrica y el piso térmico en el que funcionen, ha permitido desarrollar un modelo que identifica parte de la realidad de los refrigeradores domésticos en el Ecuador.

La implementación de varios escenarios permite contar con datos relevantes que facilitan la comprensión del modelo y de las relaciones causa-efecto del sistema planteado. Por consiguiente, es posible experimentar y ensayar hipótesis de trabajo para luego utilizarlas como apoyo en la toma de decisiones para la implementación de nuevas políticas de acción visibilizadas en escenarios distintos.

Después de haber establecido algunos escenarios para el estudio del modelo, se pudo determinar que la mejor propuesta en beneficio de la economía de un país es el retiro de aquellos equipos cuyo uso ha sobrepasado los 20 años, esto significaría un ahorro de casi la mitad de lo que significaría la no implementación de medida alguna que busque sacar de funcionamiento estos equipos.

6. Recomendaciones.

Se recomienda usar este trabajo como base para establecer procedimientos que lleven al cálculo de índices mínimos de eficiencia energética, necesarios para motivar la mejora de la producción nacional mediante la incorporación de propuestas tecnológicas, que lleven a los equipos a consumos eficientes

Realizar una revisión periódica de los niveles de eficiencia energética en cada uno de los procesos productivos de línea blanca y de esta manera se pueda tener una mejora continua de los mismos. La reducción del consumo energético en refrigeradores domésticos, es una prioridad que se debe tener en cuenta.

Después de haber trabajado con varios escenarios, una propuesta en la que se podría trabajar para mejorar la eficiencia energética en refrigeradores domésticos sería el retiro de aquellos equipos ineficientes; esto significaría un ahorro considerable no solo para la economía de un hogar (sabiendo que un refrigerador de esta edad podría consumir más del 50% del consumo total de energía eléctrica), si no que representaría un ahorro significativo en la economía de un país como el nuestro, esto, si tomamos en cuenta el subsidio a la energía eléctrica que se rige en nuestro país. Se recomienda que para este proceso de sustitución de equipos ineficientes y aquellos que su uso ha sobrepasado los 20 años se encuentre acompañado por un programa de reciclaje obligatorio para que de esta manera se garantice el retiro adecuado de estos equipos.

Ejecutar campañas para generar conciencia cultural del consumo energético que los electrodomésticos generan en los hogares ecuatorianos.

Realizar un análisis beneficio-costos de la implementación de planes de difusión para el conocimiento del sistema de etiquetado energético para el Ecuador.

Se recomienda que las estrategias deban ir dirigidos tanto al consumidor como al fabricante de electrodomésticos con el fin de incrementar el ahorro de energía en los hogares ecuatorianos.

7. Referencias bibliográficas.

- [1] L. A. Horta Nogueira and G. A. for T. Cooperation, “Indicadores de políticas públicas en materia de eficiencia energética en América latina y el Caribe,” May 2010.
- [2] “Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Informe Anual 2014.,” 2015.
- [3] “Equipos de Refrigeración Eficientes en América Latina y El Caribe: Una oportunidad para enfriar el planeta y acelerar la economía regional,” Managua, 2014.
- [4] C. J. Hermes y C. Melo, “A first-principles simulation model for the start-up and cycling transients of household refrigerators,” 2018.
- [5] D. M. Álvarez y N. G. Jara, “«Evaluación de los impactos en el consumo de energía eléctrica asociados al uso de refrigeradores eficientes en el Ecuador: Programa Renova Refrigerador», Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca - Ecuador, 2013.,” 2015.
- [6] NELSON GUSTAVO JARA COBOS, “INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES SOCIOECONÓMICAS Y GEOGRÁFICAS EN LA APLICACIÓN DE POLÍTICAS ENERGÉTICAS PARA LA SUSTITUCIÓN DE REFRIGERADORES DOMÉSTICOS,” Medellín, 2015.
- [7] “OLADE (Organización Latinoamericana de Energía).”
- [8] N. Luna González, “Energía Sostenible para América Latina y el Caribe.”
- [9] “Normativa.” [Online]. Available: [http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/\(\\$IDWeb\)/2E80CCFCF010F8D1832576340041DF1A](http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/($IDWeb)/2E80CCFCF010F8D1832576340041DF1A). [Accessed: 27-Oct-2016].
- [10] “RESUMEN DEL DOCUMENTO DEL PROYECTO SOBRE UNA PROPUESTA DE DONACIÓN DEL FONDO FIDUCIARIO DEL FMAM POR VALOR DE US\$ 15,155 MILLONES A LA REPUBLICA ARGENTINA PARA UN PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA,” 2008.
- [11] “untitled - POLITICAS DE EE ARGENTINA.pdf.” [Online]. Available: <file:///C:/Users/Usuario/Dropbox/tesis%20ortiz%20morocho/TESIS/CAPITULO%201/BIBLIOGRAFIA/POLITICAS%20DE%20EE%20ARGENTINA.pdf>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [12] “BORA.” [Online]. Available: <https://www.boletinoficial.gob.ar/#!DetalleNormativa/1108250/null>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [13] C. E. para A. L. y el Caribe, “Eficiencia energética en América Latina y el Caribe: avances y desafíos del último quinquenio,” 27-Oct-2014. [Online]. Available: <http://www.cepal.org/es/publicaciones/4106-eficiencia-energetica-america-latina-caribe-avances-desafios-ultimo-quinquenio>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [14] Alba Gamarra de Guardia, “Eficiencia Energética en Uruguay, Paraguay, Bolivia y Perú,” Cochabamba - Bolívis, 2011.
- [15] boliviaentusmanos.com, “Gobierno de Morales inicia la campaña Eficiencia Energética,” boliviaentusmanos.com. [Online]. Available: <http://www.boliviaentusmanos.com/noticias/bolivia/151578/gobierno-de-morales-inicia-la-campana-eficiencia-energetica.html>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [16] “Red de Eficiencia Energetica - Se crea la comisión de la Red de Eficiencia Energética del Ministerio de Hidrocarburos y Energía.” [Online]. Available: <http://red-ee.hidrocarburos.gob.bo/index.php/noticias/54-se-crea-la-comision-de-la-red-de-eficiencia-energetica-del-ministerio-de-hidrocarburos-y-energia.html>. [Accessed: 27-Oct-2016].

- [17] “Energía: una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe.”
- [18] Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), “INFORME NACIONAL DE MONITOREO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL BRASIL,” Santiago de Chile, 2015.
- [19] Paula Baratella, “Eficiencia Energética en Brasil,” presented at the V Seminario Latinoamericano y del Caribe de Eficiencia Energética, Quito - Ecuador, 2013.
- [20] “Plano Nacional de Energía – PNE 2030.” [Online]. Available: http://www.epe.gov.br/Estudos/Paginas/Plano%20Nacional%20de%20Energia%20%E2%80%93%20PNE/Estudos_12.aspx. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [21] “Eficiencia Energética en Chile,” Anesco Chile. .
- [22] “Ministerio de Energía PLAN DE ACCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 2020,” Santiago de Chile.
- [23] Anita María Aguirre W, “Eficiencia Energética en Chile,” 2011.
- [24] “Aporte potencial de: Energías Renovables No Convencionales y Eficiencia Energética a la Matriz Eléctrica, 2008-2025,” 2008.
- [25] “PROGRAMA DE USO RACIONAL Y EFICIENTE DE ENERGÍA Y FUENTES NO CONVENCIONALES PROURE PLAN DE ACCIÓN INDICATIVO RESUMEN EJECUTIVO.” [Online]. Available: <http://docplayer.es/752618-Programa-de-uso-racional-y-eficiente-de-energia-y-fuentes-no-convencionales-proure-plan-de-accion-indicativo-2010-2015-resumen-ejecutivo.html>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [26] “EFICIENCIA ENERGETICA EN COLOMBIA Estrategias y metas.” [Online]. Available: <http://docplayer.es/13554352-Eficiencia-energetica-en-colombia-estrategias-y-metas.html>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [27] “RESOLUCION-41012-de-2015_RETIQ.pdf.”
- [28] “Eficiencia Energética Sector Residencial – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.”
- [29] “Eficiencia Energética Sector Industrial – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.”
- [30] “Eficiencia Energética en el Sector Público – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.”
- [31] “vol4.pdf.”
- [32] “Secretaría de Energía de México (Sener),” BNamericas. [Online]. Available: <http://www.bnamericas.com/company-profile/es/secretaria-de-energia-de-mexico-sener>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [33] “Secretaría de Energía.” [Online]. Available: <http://sustentabilidad.energia.gob.mx/portal/DefaultS.aspx?id=2446>. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [34] “Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.” [Online]. Available: http://www.conuee.gob.mx/wb/Conuee/noms_sector_residencial. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [35] “Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.” [Online]. Available: http://www.conuee.gob.mx/wb/Conuee/noms_inmuebles_y_vivienda. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [36] “Norma de Eficiencia Vehicular 163 | Respira México.”
- [37] “iso_50001_energy-es.pdf.”
- [38] Secretaría Técnica de Planificación del Desarrollo Económico y Social, “Gestión de la Eficiencia Energética en Paraguay,” 05:20:58 UTC.
- [39] “Plan Nacional de Eficiencia Energética de la República del Paraguay.” [Online]. Available:

- http://www.ssme.gov.py/vmme/index.php?option=com_content&view=article&id=1732. [Accessed: 27-Oct-2016].
- [40] Ing. Gustavo Casal Bogarin, “Eficiencia Energética en Paraguay Situación Actual.”
- [41] “DECRETO N 10769_13.pdf.”
- [42] “ORDENANZA N° 26.104/90.”
- [43] ““PLAN NACIONAL DE EFICIENCIA DE LA REPÚBLICA DE PARAGUAY PLAN NACIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA REPÚBLICA DE PARAGUAY,”” 2016.
- [44] “Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Eficiencia Energética - Eficiencia Energética.” [Online]. Available: http://www.minem.gob.pe/_detalle.php?idSector=12&idTitular=3011&idMenu=sub3001&idCateg=716. [Accessed: 31-Oct-2016].
- [45] Julio César Romani and Víctor Arroyo, “MATRIZ ENERGETICA EN EL PERÚ Y ENERGÍAS RENOVABLES,” San Isidro - Lima, 2012.
- [46] Ministeria de Energía y Minas, “Política del Estado Peruano sobre la Eficiencia Energética,” 2013.
- [47] “Plan Nacional de Eficiencia Energetica.pdf.”
- [48] “Misión y visión - MIEM.” [Online]. Available: <http://www.miem.gub.uy/institucional/organizacion-y-funciones/mision-y-vision>. [Accessed: 31-Oct-2016].
- [49] “El Programa de Etiquetado de Eficiencia Energética en Uruguay - Eficiencia Energética - MIEM.” [Online]. Available: <http://www.dne.gub.uy/-/el-programa-de-etiquetado-de-eficiencia-energetica-en-uruguay>. [Accessed: 31-Oct-2016].
- [50] Ec. Rafael Laureiro and Ing. Alfonso Blanco, “Proyecto de Eficiencia Energética,” 2006.
- [51] “DNE - Eficiencia Energética - Normas y Especificaciones Técnicas.” [Online]. Available: <http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/index.php/etiquetado/normas-y-especificaciones-tecnicas>. [Accessed: 31-Oct-2016].
- [52] “REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.- MINISTERIO DEL PODER POPULAR PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA.-DESPACHO DEL MINISTRO.”
- [53] “Eficiencia Energética Sector Residencial – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.”
- [54] “SECTOR_residencial_WEB.pdf.”
- [55] <http://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualfundam.html>, “CARACTERIZACION DEL CONSUMO DE ENERGIA Y POTENCIAL DE AHORRO DEL SECTOR INDUSTRIAL VENEZOLANO.”
- [56] “Manualfundam.” [Online]. Available: <http://www.fau.ucv.ve/idec/racionalidad/Paginas/Manualfundam.html>. [Accessed: 31-Oct-2016].
- [57] E. Corte, C. Flores, N. G. Jara, and C. Isaza-Roldan, “Sistemas de refrigeración doméstica-Estado del arte de las mejoras en la eficiencia energética,” *Rev. Fac. Cienc. Quím.*, vol. 1, no. 9, p. 22, 2014.
- [58] N. Jara, C. Isaza, L. Gallón, and D. Giraldo, “Modelo dinámico para el estudio de la aplicación del plan de renovación de refrigeradores domésticos en Colombia,” in *ResearchGate*, 2015.
- [59] “Guía_E_Programas_normalizacion_etiquetado_de_EE.pdf.”
- [60] MR. MARK ELLIS, “EXPERIENCE WITH ENERGY EFFICIENCY REGULATIONS FOR ELECTRICAL EQUIPMENT,” 2007.

- [61] Dr. Gautam S. Dutt, Dipl. - Ing. Wolfgang F. Lutz, Dr. Michale A. McNeil, and Ing. Carlos G. Tanides, “Proyecto de Eficiencia Energética en la República de Argentina,” 2008.
- [62] “EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN EFICIENTES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: UNA OPORTUNIDAD PARA ENFRIAR EL PLANETA Y ACELERAR LA ECONOMÍA REGIONAL.”
- [63] T. de la I.-M. de E. y Minería, “Secretaría de Energía - República Argentina.” [Online]. Available: <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3464>. [Accessed: 02-Nov-2016].
- [64] “Eficiencia energética según Res. 319/99 | ar | TÜV Rheinland.” [Online]. Available: http://www.tuv.com/es/argentina/servicios_ar/certificacion_productos_ar/seguridad_eficiencia_ar/eficiencia_energetica_res319_99_ar/eficiencia_energetica_res_319_99.html. [Accessed: 02-Nov-2016].
- [65] Departamento de Electrotecnia, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, “PRIMERA EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA ETIQUETA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS REFRIGERADORES Y CONGELADORES DE LA ARGENTINA.” 2007.
- [66] Ing. Pablo PAISAN, “Eficiencia Energética en Argentina Etiquetado,” presented at the Seminario Latinoamericano y del Caribe del Eficiecnia Energética, Montevideo, Uruguay, 2016.
- [67] NU. CEPAL, “INFORME NACIONAL DE MONITOREO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL BRASIL,” Santiago de Chile, 2015.
- [68] Herculano Xavier da Silva Junior, “Aplicação das Metodologias de Análise Estatística e de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) para o Estabelecimento de Padrões de Eficiência Energética: Refrigeradores Brasileiros.” 2005.
- [69] “REPORTE DEL FORO DE EFICIENCIA ENERGETICA Y ACCESO,” Ciudad de Meéico, 2010.
- [70] Paula Baratella, “Eficiencia Energética en Brasil,” presented at the V Seminario Latinoamericano y del Caribe de Eficiencia Energética, Quito - Ecuador, 2013.
- [71] Oscar M. Guzmán, “Eficiencia energética. Un panorama regional.” 2009.
- [72] “CERTIFICACIONES.” [Online]. Available: <http://www.arge.com.br/certificacoesEs/>. [Accessed: 02-Nov-2016].
- [73] “PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM REFRIGERADORES E ASSEMBELHADOS (CONGELADORES, COMBINADOS E CONSERVADORES) REGULAMENTO ESPECÍFICO PARA USO DA ENCE.” 2005.
- [74] “Informe Técnico Preliminar Estándar Mínimo de Eficiencia Energética Refrigeradores de Uso Doméstico DIVISIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA,” Santiago - Chile, 2014.
- [75] Marcelo Padilla, “Etiquetado y Estándares Mínimos de EE en Chile,” 2016.
- [76] DANILO OSVALDO PÉREZ GARRIDO, “ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN, UTILIZANDO AMPOLLETAS DE BAJO CONSUMO Y ALIMENTADO POR PANELES FOTOVOLTAICOS,” VALDIVIA – CHILE, 2009.
- [77] “LA URGENCIA DE UN PLAN NACIONAL DE ACCIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CHILE.”
- [78] “Programa de Etiquetado « Etiqueta Energética.”
- [79] “EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARTEFACTOS REFRIGERADORES, REFRIGERADORES CONGELADORES Y CONGELADORES PARA USO

- DOMÉSTICO.” Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), 2014.
- [80] “Energía Eléctrica - Ministerio de Minas y Energía.” [Online]. Available: <https://www.minminas.gov.co/retiq>. [Accessed: 02-Nov-2016].
- [81] “MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE ETIQUETADO. RETIQ.”
- [82] Nelson G. Jara and Cesar A. Isaza, “Programas de Eficiencia Energética y Etiquetado en el Ecuador – Revisión del Estado Actual.” 2014.
- [83] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, “EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARTEFACTOS REFRIGERADORES, REFRIGERADORES CONGELADORES Y CONGELADORES PARA USO DOMÉSTICO, REPORTE DE CONSUMO DE ENERGÍA, METODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO.” 2009.
- [84] Nicole Pamela Ochoa Espinosa, “Análisis de la situación energética 2007-2013 en el Ecuador.” 2015.
- [85] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, “APARATOS DOMÉSTICOS DE REFRIGERACIÓN - CARACTERÍSTICAS Y MÉTODOS DE ENSAYO (IEC 62552:2007, IDT).”
- [86] “Plan de Normalización y Etiquetado – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.”
- [87] “MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD SUBSECRETARÍA DE LA CALIDAD.”
- [88] “Documento de visión de la Eficiencia Energética en España.” 2009.
- [89] “EUR-Lex - 132004 - EN - EUR-Lex.” [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV:132004>. [Accessed: 02-Nov-2016].
- [90] “Etiquetas energéticas - EUROPA - Tu Europa - Empresas.” [Online]. Available: http://europa.eu/youreurope/business/environment/energy-labels/index_es.htm. [Accessed: 02-Nov-2016].
- [91] Ministerio de Industrias y Turismo, “Etiquetado Energético de los Electrodomésticos. Situación del Sector Y Planes Renove de Electrodomésticos (2006 - 2007).”
- [92] “NORMA Oficial Mexicana NOM-015-ENER-2012, Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos.” [Online]. Available: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4646/sener/sener.htm>. [Accessed: 02-Nov-2016].
- [93] Ing. Julián Adame Miranda, “Eficiencia energética en México Instituto Instituto de Investigaciones Investigaciones Eléctricas.” presented at the Foro Panamericano sobre Contribuciones de la Ingeniería al Mejoramiento del Medio Ambiente, Cuernavaca, Morelos, México, 2009.
- [94] “Etiqueta de Eficiencia Energética,” Energías Renovables, 31-Mar-2010. .
- [95] Ing. Raul del Rosario, “Situación actual y perspectivas futuras sobre el desarrollo del Sector de Eficiencia Energética desde la Normalización,” Perú.
- [96] M. M, “!! LA EFICIENCIA ENERGÉTICA !!-,” Natura Medio Ambiental, 23-Sep-2009. .
- [97] “¿Por qué es importante el reglamento de etiquetado de artefactos?,” rpp.pe. [Online]. Available: <http://rpp.pe/economia/economia/por-que-es-importante-el-reglamento-de-etiquetado-de-artefactos-noticia-917853>. [Accessed: 02-Nov-2016].

- [98] “Normas técnicas.” [Online]. Available: http://www3.uah.es/bibliotecaformacion/BPOL/FUENTESDEINFORMACION/normas_tcnicas.html. [Accessed: 07-Nov-2016].
- [99] S. E. de Normalización, “Preguntas Frecuentes NORMAS TÉCNICAS | Servicio Ecuatoriano de Normalización.”
- [100] Dr. Shamila Nair-Bedouelle and Dr. Ezra Clark, “Normas Internacionales de Refrigeración y Aire Acondicionado.” 2015.
- [101] “ISO 15502:2005 - Household refrigerating appliances -- Characteristics and test methods,” ISO. [Online]. Available: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=27428. [Accessed: 08-Nov-2016].
- [102] INTERNATIONAL STANDARD, “INTERNATIONAL STANDARD ISO 15502 Household refrigerating appliances — Characteristics and test methods.” 2005.
- [103] N. G. Jara et al., “Laboratorio de pruebas para artefactos de refrigeración doméstica en el Ecuador.,” in ResearchGate, 2016.
- [104] “Refrigeration - Domestic,” Energy Rating, 26-Aug-2015. [Online]. Available: <http://www.energyrating.gov.au/products/domestic-refrigeration>. [Accessed: 08-Nov-2016].
- [105] L. D. Chiriboga Toledo and P. J. Espinoza Cisneros, “Diseño de un laboratorio de pruebas y ensayos para artefactos de refrigeración doméstica para la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca,” 2015.
- [106] “MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD SUBSECRETARÍA DE LA CALIDAD.”
- [107] INSTITUTO URUGUAYO DE NORMAS TÉCNICAS, “Eficiencia energética – Aparatos de refrigeración eléctricos de uso doméstico – Especificaciones y etiquetado.” 2015.
- [108] STEPHEN WIEL and JAMES E. MCMAHON, “NORMAS Y ETIQUETAS DE EFICIENCIA ENERGETICA: UNA GUIA PARA ELECTRODOMESTICOS, EQUIPO E ILUMINACION.”
- [109] M.I. ERNESTO A. and LAGARDA L., “INTRODUCCIÓN A LA DINÁMICA DE SISTEMAS.”
- [110] N. Jara, “Influencia de las condiciones socioeconómicas y geográficas en la aplicación de políticas energéticas para la sustitución de refrigeradores domésticos,” ResearchGate, Oct. 2015.
- [111] Iñaki Morlán Santa Catalina, “La Dinámica de Sistemas.”
- [112] Javier Torrealdea, “Dinámica de Sistemas Elementos y estructura de un modelo.”
- [113] Amanda Campos dice, “Arquetipos sistémicos. Una forma de verlos,” Ingenio Sistémico, 17-Sep-2012. .
- [114] Adriana Ortiz, José María Sarriegi, and Javier Santos, “Modelización de Variables Soft.” 2006.
- [115] Iñaki Morlán Santa Catalina, “Modelo de Dinámica de Sistemas para la implantación de Tecnologías de la Información en la Gestión Estratégica Universitaria,” Donostia - San Sebastián, 2010.
- [116] Yaman Barlas and Korhan Kanar, “Structure-oriented Behavior Tests in Model Validation.” 2000.
- [117] INEN, “Artefactos de uso doméstico para producción de frío. Reporte de consumo de energía, métodos de ensayo y etiquetado de eficiencia energética.” 2005.
- [118] INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, “EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ARTEFACTOS DE REFRIGERACIÓN DE USO

- DOMÉSTICO. REPORTE DE CONSUMO DE ENERGÍA, MÉTODOS DE PRUEBA Y ETIQUETADO.” 2009.
- [119] N. G. Jara, I. Sánchez, H. Pérez, C. Isaza-Roldan, L. Gallón, and D. P. Giraldo, “Assessment of energy savings by use of domestic refrigerators in Mexico.,” in ResearchGate, 2016.
- [120] <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8961/1/UPS-CT005235.pdf>, “EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ASOCIADOS AL USO DE REFRIGERADORES EFICIENTES EN EL ECUADOR: ‘PROGRAMA RENUOVA REFRIGERADOR’,” Cuenca - Ecuador, 2015.
- [121] “Información de Ecuador.” [Online]. Available: <http://www.efemerides.ec/1/mayo/ecuador.htm>. [Accessed: 29-Nov-2016].
- [122] “Capítulo 1. Características físicas y socioeconómicas del país.”
- [123] N. Jara, C. Isaza, L. Gallón, and D. Giraldo, “Modelo dinámico para el estudio de la aplicación del plan de renovación de refrigeradores domésticos en el Ecuador,” in ResearchGate, 2015.