

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

“DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS ENERGÉTICOS Y AMBIENTALES
PRODUCTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DE 330000
REFRIGERADORAS INEFICIENTES A NIVEL NACIONAL POR
REFRIGERADORAS CALIFICADAS COMO CLASE A DE EFICIENCIA
ENERGÉTICA, PARA EL MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA
RENOVABLE, USANDO LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

DAVID SEBASTIÁN TÚQUERES GRANDA

DIRECTOR: ING. FRANCISCO TERNEUS

CODIRECTOR: ING. JOSÉ GUASUMBA

Sangolquí, 11 de diciembre de 2012

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

CERTIFICADO

Nosotros: ING. FRANCISCO TERNEUS. e ING. JOSÉ GUASUMBA.

CERTIFICAN

Que, el Proyecto de grado titulado “**DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS ENERGÉTICOS Y AMBIENTALES PRODUCTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DE 330000 REFRIGERADORAS INEFICIENTES A NIVEL NACIONAL POR REFRIGERADORAS CALIFICADAS COMO CLASE A DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA EL MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE, USANDO LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA**”, realizado por el señor DAVID SEBASTIÁN TÚQUERES GRANDA, ha sido revisado prolijamente y cumple con los requerimientos: teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la ESPE, por lo que nos permitimos acreditarlo y autorizar su entrega al Sr. Ing. Ángelo Villavicencio, en su calidad de Director de la Carrera de Ingeniería Mecánica. El trabajo en mención consta de tres empastados y tres discos compactos el cual contienen el documento en formato portátil de Acrobat (pdf).

Sangolquí, 11 de diciembre de 2012.

ING. FRANCISCO TERNEUS.

DIRECTOR

ING. JOSÉ GUASUMBA.

CODIRECTOR

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS ENERGÉTICOS Y AMBIENTALES PRODUCTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DE 330000 REFRIGERADORAS INEFICIENTES A NIVEL NACIONAL POR REFRIGERADORAS CALIFICADAS COMO CLASE A DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA EL MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE, USANDO LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA”

ELABORADO POR:

David Sebastián Túqueres Granda

CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA

ING. ÁNGELO VILLAVICENCIO

DIRECTOR DE CARRERA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

A U T O R I Z A C I Ó N

Yo, DAVID SEBASTIÁN TÚQUERES GRANDA

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS ENERGÉTICOS Y AMBIENTALES PRODUCTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN DE 330000 REFRIGERADORAS INEFICIENTES A NIVEL NACIONAL POR REFRIGERADORAS CALIFICADAS COMO CLASE A DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA EL MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE, USANDO LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 11 de diciembre de 2012

DAVID SEBASTIÁN TÚQUERES GRANDA

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos, que siempre creyeron en mí; a la ingeniería, verdadera pasión por el conocimiento.

David Sebastián Túqueres Granda

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis colegas de trabajo que me apoyaron en todo lo que necesité, a Pamela y a al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente.

Definitivamente a mis padres por el esfuerzo y apoyo incondicional,

Gracias...

David Sebastián Túqueres Granda

CONTENIDO

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES..... 9

1.1. Historia del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable..... 9

1.2. Misión..... 11

1.3. Visión..... 11

1.4. Objetivos Institucionales..... 11

1.5. Valores Institucionales..... 12

1.6. Dependencias del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable..... 12

1.7. Políticas para el Desarrollo Sustentable del Sector Energético..... 18

1.8. Proyecto “Sustitución de 330.000 Refrigeradoras Ineficientes” 21

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA 34

2.1. Introducción..... 34

2.2. Definición y fases de un Análisis de Ciclo de Vida..... 37

2.3. Metodología del Análisis del Ciclo de Vida..... 38

2.4. Limitaciones del Análisis de Ciclo de Vida..... 49

2.5. Herramientas informáticas para el Análisis de Ciclo de Vida..... 49

2.6. Métodos de Evaluación de Impactos para el Análisis de Ciclo de Vida..... 52

CAPÍTULO 3

APLICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CICLO DE VIDA DEL PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DE REFRIGERADORAS INEFICIENTES.... 60

3.1. Definición de objetivos y ámbitos de aplicación..... 60

3.2. Análisis del inventario de ciclo de vida: Fabricación, Transporte, Chatarrización, Vida útil y Disposición final..... 67

3.3. Evaluación de los impactos del ciclo de vida..... 111

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS.....118

4.1. Análisis ambiental..... 118

4.2. Análisis energético..... 128

4.3. Escenarios alternativos..... 130

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 135

5.1. Conclusiones.....135

5.2. Recomendaciones.....137

BIBLIOGRAFÍA.....138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Contenido	Pág.
1.1.	Clasificación energética	23
1.2.	Distribución de refrigeradoras por área de concesión	24
1.3.	Beneficios por ahorro energético	26
1.4.	Beneficio por ahorro de demanda y total.	27
1.5.	Indicadores económicos	28
1.6.	Indicadores Financieros	28
1.7.	Flujo Económico	29
1.8.	Flujo Financiero	30
2.1.	Programas informáticos para estudios de ACV	50
2.2.	Factores de caracterización de daños para la perspectiva H	57
2.3.	Factores de normalización para la perspectiva H	58
2.4.	Factores de ponderación para la perspectiva H	58
3.1.	Estructura de Generación bruta	66
3.2.	Especificaciones de partes metálicas	69
3.3.	Desperdicios metálicos	70
3.4.	Potencia aparente de las máquinas del proceso de fabricado.	71
3.5.	Consumos energéticos por pieza	72
3.6.	Insumos materiales para proceso de Pre-tratamiento químico y pintado	77
3.7.	Pérdidas y desechos al agua en proceso de Pre-tratamiento químico y Pintado.	78
3.8.	Consumo eléctrico en proceso de Pre-tratamiento Químico y Pintura.	80
3.9.	Consumo energético de combustibles en proceso de Pre-tratamiento Químico y Pintura.	81
3.10.	Consumo eléctrico en el proceso de Inyección de plásticos y pre-ensambre.	84
3.11.	Material y consumo de la inyección de piezas interiores.	85

3.12.	Consumo eléctrico en proceso de Inyección del aislante	87
3.13.	Material de las piezas importadas que se montan en el Ensamble.	89
3.14.	Consumo eléctrico de los equipos en el proceso de Ensamble.	89
3.15.	Resumen de consumo eléctrico para la fabricación de una refrigeradora.	93
3.16.	Distancias QUITO- Localidades de Empresas en áreas de concesión.	94
3.17.	Unidades de Tonelada-Kilómetro por Área de concesión. Peso de cada refrigeradora: 68 kg	96
3.18.	Tratamiento de los materiales recuperados.	99
3.19.	Modelado del tratamiento de residuos de las refrigeradoras obsoletas.	102
3.20.	Clasificación RTE INEN 035:2009	105
3.21.	Ecuaciones de las rectas de consumos de referencia.	106
3.22.	Temperaturas de referencia	107
3.23.	Categorías de Impacto	111
3.24.	Cuantificación de las categorías de impacto	112
3.25.	Cuantificación del reparto por categoría de impacto.	115
3.26.	Cuantificación del reparto por categoría de daño	115
3.27.	Cuantificación del reparto por categoría de impacto.	117
3.28.	Cuantificación del reparto por categoría de daño.	117
4.1.	Reparto de las entradas con mayor peso contaminante.	125
4.2.	Demanda Energética.	129
4.3.	Modelado del Proceso de Botadero	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Pág.
1.1.	Esquema de flujo de trabajo-Ejecución.	33
2.1.	Fases principales de un estudio de ACV	38
2.2.	Ciclo Natual-Tecnósfera	41
2.3.	Inventario del Ciclo de vida	42
2.4.	Elementos de la fase EICV	44
3.1.	Límite del Sistema	63
3.2.	Flujo de Trabajo.	65
3.3.	Flujo de Trabajo.	65
3.4.	Estructura de Generación Bruta 2011	66
3.5.	Red del Mix Energético Ecuatoriano 2011.	66
3.6.	Análisis de inventario	67
3.7.	Desechos Metálicos	70
3.8.	Proceso de Fabricado	73
3.9.	Esquema general del proceso de Pre-Tratamiento Químico y Pintura.	74
3.10.	Inicio del Proceso de Pre-tratamiento químico y pintura.	75
3.11.	Secador.	76
3.12.	Residuos de proceso de Pre-tratamiento químico y pintura	78
3.13.	Pre-tratamiento químico y pintura.	82
3.14.	Pace Maker. Inyectora de tornillo	83
3.15.	Brown 1, extrusora	83
3.16.	Tanque del gabinete	83
3.17.	Contrapuertas	83
3.18.	Inyección de plásticos y pre-ensamble.	86
3.19.	Inyectora de Aislante	87
3.20.	Proceso de Inyección del Aislante	88
3.21.	Banda Transportadora del proceso de ensamble.	88

3.22.	Estación de control de calidad (Bombas de vacío)	90
3.23.	Modelado del proceso de Ensamble.	91
3.24.	Consumo de motores de potencia <300 kW	92
3.25.	Distribución de las Áreas de concesión en el Ecuador.	95
3.26.	Modelado del proceso de transporte	97
3.27.	Composición promedio de refrigeradoras y congeladores.	98
3.28.	Reacción de los CFC con el Ozono	99
3.29.	Proceso de Chatarrización.	101
3.30.	Rectas del consumo de referencia.	106
3.31.	Modelamiento del proceso de Disposición Final	108
3.32.	Modelación del proceso de Uso – Vida Útil	109
3.33.	Proceso de Disposición final	110
3.34.	Categorías de daño (Eco-Indicador '99)	112
3.35.	Caracterización según categorías de impacto.	113
3.36.	Caracterización según categorías de daño.	113
3.37.	Normalización según categorías de impacto.	114
3.38.	Normalización según categorías de daño	114
3.39.	Ponderación según categorías de impacto.	116
3.40.	Ponderación según categorías de daño.	116
4.1.	Contribución de subprocesos de Uso- Vida Útil.	119
4.2.	Puntuación por proceso según las categorías de impacto.	120
4.3.	Puntuación por proceso según las categorías de daño.	121
4.4.	Contribución de subprocesos de Fabricación.	122
4.5.	Contribución de los subprocesos de la Disposición Final. (Procesos remanentes menor al 5%).	123
4.6.	Contribución de los subprocesos de la Chatarrización. (Procesos remanentes menor al 2%).	124
4.7.	Reparto de entradas con mayor peso contaminante. (Procesos remanentes menor al 2%).	127
4.8.	Flujo total de Emisiones de CO ₂ (kg) – procesos con menos del	128

	5% de contribución se excluyen.	
4.9.	Flujo de “Energía Mix Ecuador 2011”	130
4.10.	Escenario de Proyecto Sin Sustitución	131
4.11.	Comparación de los escenarios con y sin proyecto en la fase de ponderación.	132
4.12.	Puntuación de la comparación de los escenarios con y sin proyecto en la fase de ponderación.	133

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Contenido	Pág.
A1	Matriz de Marco Lógico del Proyecto Sustitución de 330.000 Refrigeradoras.	141
B1	Factores de caracterización del método ECOINDICADOR '99	147
C1	Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 035:2009 - Instituto Ecuatoriano de Normalización. Eficiencia Energética en Artefactos de Refrigeración de Uso Doméstico. Reporte De Consumo de Energía, Métodos de Prueba y Etiquetado	157
C2	Anexo C2. Impactos del Análisis de Ciclo de vida – Categorías de impacto	195
C3	Impactos del Análisis de Ciclo de vida – Categorías de daño	205
C4	Impactos del Análisis de Ciclo de vida – Categorías de daño normalización.	208
C5	Impactos del Análisis de Ciclo de vida – Categorías de daño ponderación.	211
C6	Sustancias que considera el Metodo ECOINDICADOR '99 para el análisis	214

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1. Historia del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

Mediante Decreto N°. 475; del 9 de julio del 2007, se dividió el Ministerio de Energía y Minas en el Ministerio de Minas y Petróleos y, el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables. Según oficio N°. DI-SENRES-002915, del 16 de mayo del 2007 fue aprobado el Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, y la Norma Técnica de Diseño de Reglamentos, expedida con Resolución SENRES-PROC-046, publicada en el Registro Oficial N°. 251 de 17 de abril del 2006.

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 247 de la Constitución Política de la República dispone que son de propiedad inalienable e imprescriptible del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, los minerales y sustancias

cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentran en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial.

Y además, que estos bienes serán explotados en función de los intereses nacionales;

DECRETA:

Art. 5.- Las facultades y deberes que corresponden al Ministerio de Energía y Minas ante cualquier organismo del Estado o entidad pública o privada, para asuntos relacionados con electricidad y energía renovable, así como las delegaciones ante directorios, comités, comisiones, cuerpos colegiados, corresponden a partir de la expedición del presente decreto ejecutivo al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

Art. 6.- Pasarán como dependencias directas al Ministerio de Electricidad y Energía renovable las actuales Subsecretaría de Electrificación y Dirección de Energías Renovables y Eficiencia Energética

Art. 8.- El Ministro de Electricidad y Energía Renovable presidirá la Comisión de Ejecución de la Política del Sector Eléctrico Ecuatoriano - CEPSE.

Art. 9.- Los nuevos ministerios de Minas y Petróleos y Electricidad y Energía Renovable, para el cumplimiento de sus atribuciones, podrán crear los órganos administrativos necesarios para el cumplimiento de sus especiales finalidades, previo dictamen favorable del Ministerio de Economía y Finanzas. Además, dentro de los sesenta días de publicado el presente decreto ejecutivo deberán expedir el reglamento orgánico correspondiente.

Art. 10.- Reformase el artículo 16 del Estatuto del Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva, el apartado j) dirá: "Ministerio de Minas y Petróleos"; y, añádase el apartado x) que diga: "Ministerio de Electricidad y Energía Renovable".

DISPOSICIÓN FINAL:

Se derogan todas las normas de igual o inferior categoría, que no han sido modificadas mediante el presente decreto ejecutivo y que se le opongan.

De la ejecución de este decreto, que entrará en vigencia a partir en la presente fecha, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial, encárguese al Ministerio de Economía y Finanzas, al Ministro de Energía y Minas y a la Secretaría Nacional Técnica de Desarrollo de Recursos Humanos y Remuneraciones del Sector Público, SENRES.

Dado en el Palacio Nacional, en Quito, a 9 de julio del 2007.

1.2. Misión

Servir a la sociedad ecuatoriana, mediante la formulación de la política nacional del sector eléctrico y la gestión de proyectos. Promover la adecuada y exitosa gestión sectorial, sobre la base del conocimiento que aporta gente comprometida con la sustentabilidad energética del Estado.

1.3. Visión

En el 2012 el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable logrará un alto nivel de credibilidad e involucramiento de la sociedad ecuatoriana en el cumplimiento de los objetivos nacionales. Esto se conseguirá con el positivo impacto generado por la ejecución de los proyectos planificados, la homologación de los heterogéneos niveles de desarrollo de los actores del sector eléctrico, para brindar seguridad, fiabilidad y continuidad tanto en las fuentes como en la provisión de energía.

1.4. Objetivos institucionales

Recuperar para el estado la planificación modificando la matriz energética.
Incrementar la cobertura eléctrica.

Fortalecer y transformar las instituciones Estatales de Energía.
Asegurar la confiabilidad y calidad del suministro, autosuficiencia en el 2012.
Promover el uso eficiente y racional de la energía. Fomentar la integración energética regional.

1.5. Valores institucionales

- Honestidad
- Justicia
- Lealtad y Compromiso
- Predisposición al Servicio
- Transparencia Predisposición al Cambio

1.6. Dependencias del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

ESTATUTO ORGÁNICO DE GESTIÓN ORGANIZACIONAL POR PROCESOS DEL MINISTERIO DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA RENOVABLE

Art. 1.- Estructura Organizacional por Procesos.- La estructura organizacional del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable se alinea con su misión consagrada en el Decreto Ejecutivo No. 475, publicado en el Registro Oficial No. 132 de 23 de julio de 2007; se sustenta en la filosofía y enfoque de productos, servicios y procesos, que aseguren su ordenamiento orgánico.

Art. 2.- Procesos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.- Los procesos que elaboran los productos y servicios del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable se ordenan y clasifican en función de contribución o valor agregado que aporten al cumplimiento y consecución de la misión institucional y estos son:

- a) Los Procesos Gobernantes, tienen la finalidad de orientar la gestión institucional a través de la formulación de políticas y expedición de normas e instrumentos que contribuyan al funcionamiento de la organización;
- b) Los Procesos Agregadores de Valor, generan, administran y controlan los productos y servicios destinados a usuarios externos y permiten cumplir con la misión institucional, que se

reflejan en su especialización de la misión y constituyen la razón de ser del Ministerio;

- c) Procesos Habilitantes de Apoyo, están encaminados a generar productos y servicios para los procesos gobernantes, agregadores de valor y para sí mismos, viabilizando la gestión institucional;
- d) Procesos Habilitantes de Asesoría, son aquellos que asesoran con sus conocimientos especializados a los procesos gobernantes, habilitantes y agregadores de valor creando la base técnica y legal para el desenvolvimiento de sus actividades; y,
- e) Procesos Desconcentrados, mecanismos mediante los cuales los niveles superiores de un ente u organismo público delegan en forma permanente el ejercicio de una o más de sus atribuciones así como los recursos necesarios para su cumplimiento a otros organismos dependientes, provinciales o no que forman parte del mismo ente u organismo.

Subsecretarías Ministerio de Electricidad y Energía Renovable:

- Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética.
- Subsecretaría de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares.
- Subsecretaría de Control y Gestión Sectorial.
- Subsecretaría de Política y Planificación.
- Subsecretaría de Gestión de Proyecto.
- Subsecretaría Jurídica.
- Subsecretaría de Desarrollo Organizacional.

1.6.1. Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética

1.6.1.1. Objetivos

- Determinar políticas, estrategias, directrices y planes en materia de energía renovable, eficiencia energética y biocombustibles.
- Desarrollar proyectos de marco legal y reglamentario para la aplicación de energías renovables y biocombustibles, y la viabilización de la ejecución de auditorías energéticas, ahorro de energía, normas y etiquetado de artefactos que usan energía eléctrica y térmica.
- Desarrollar estudios de investigación en cooperación con universidades y centros de investigación, para el levantamiento de información estadística, técnica, económica, social y ambiental con respecto al status quo de la eficiencia energética, las energías renovables y los biocombustibles, y del potencial futuro de desarrollo de estas áreas (Línea Base).
- Desarrollar e impulsar los mercados de servicios energéticos, energías renovables y biocombustibles, y la generación de capacidades empresariales.
- Desarrollar una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de programas de Eficiencia Energética, Energías Renovables y Biocombustibles.
- Diseñar e implementar campañas de comunicación y promoción de eficiencia energética, biocombustibles y energías renovables.
- Desarrollar programas de educación a los niños y jóvenes, y capacitación profesional sobre ENERGÍA (ER, EE, BIO) con la participación de colegios, universidades, empresas consultoras, proveedores de equipos e instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

1.6.1.2. Misión

La Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética, es la autoridad rectora de la gestión energética eficiente y del desarrollo de las energías renovable en el territorio ecuatoriano, y como tal, determina, políticas, estrategias y directrices energéticas basadas en la sostenibilidad, seguridad y la diversificación; y fomenta el levantamiento de información y generación de conocimiento; y la aplicación de tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente, para mitigar los efectos del cambio climático y apuntalar hacia un desarrollo económico sostenible.

1.6.1.3. Visión

En el 2010, la ciudadanía y las entidades públicas, privadas, nacionales y extranjeras reconocen a la Subsecretaría de Energías Renovable y Eficiencia Energética como pionero en impulsar y promover la Eficiencia Energética, lo Biocombustibles y las Energías Renovables y como referente institucional por su gestión transparente y participativa, realizada con total capacidad técnica y operativa.

1.6.1.4. Metas

- En Octubre del 2008, la SEERE cuenta con una estrategia de Eficiencia Energética, una estrategia de desarrollo de Energías Renovables y una estrategia de Biocombustibles; y con un Plan Nacional de Eficiencia Energética, un Plan Nacional de Energías Renovables y un Plan Nacional de Biocombustibles.
- En Enero del 2009, la SEERE ha desarrollado proyectos legales y reglamentarios en materia de Eficiencia Energética, Energías Renovables y Biocombustibles, que permitan la aplicación de las estrategias y planes planteados.
- En Enero del 2009, la SEERE cuenta con una "línea base" que contiene todos los estudios necesarios para determinar el status quo

y el potencial de aplicación futura de las energías renovables, la eficiencia energética y biocombustibles en el país.

- En el 2009 se crea un pool de empresas nacionales e internacionales que forman parte de los programas de la SEERE y que satisfacen la demanda de bienes y servicios energéticos, biocombustibles y energías renovables de manera eficaz y eficiente.
- En el 2012, el Ecuador cuenta con un mix de generación con porcentajes del 5% de energías renovables no convencionales y del 75% de hidroelectricidad convencional.
- En Enero del 2009, la SEERE cuenta con por lo menos 3 convenios de cooperación internacional para la transferencia de conocimiento y tecnología.
- A partir de Octubre del 2008 se lanza una campaña de comunicación y promoción de eficiencia energética, biocombustibles y energías renovables que informa, sensibiliza y moviliza a la ciudadanía favorablemente con respecto a los programas y planes de la SEERE.
- A partir del año electivo 2008/2009 el Ecuador cuenta con un programa de educación formal validado para escuelas y colegios en el que se promueve el uso eficiente de la energía y los recursos naturales. A partir de Octubre del 2008 se inician varios programas de capacitación profesional para el desarrollo de capacidades locales en temas de eficiencia energética y energías renovables.

1.6.1.5. Proyectos realizados

- Normalización refrigeradoras; Normalización focos ahorradores.
- Auditorías energéticas en Edificios Públicos y Hospitales.
- Auditorías Energéticas en el Sector Industrial y Hotelero.

- Campaña de promoción de proyectos EE (idónea para cada proyecto).
- Diseño de la Currícula Educativa de Energía.
- Capacitación profesional en Gestión Energética (cooperación Cuba).

1.6.1.6. Proyectos en ejecución

- Plan Nacional de Eficiencia Energética.
- Ley de fomento de la eficiencia energética.
- Proyecto de ley de Biocombustibles.
- Estudios de prefactibilidad de 14 mini centrales hidroeléctricas (convenio con universidades).
- Estudios de prefactibilidad con organismos seccionales a nivel nacional
- Estudios de factibilidad de minicentrales hidroeléctricas. MEER-PROMEC.
- Censo industrial sector textil y plásticos.
- Estudio de factibilidad - Aprovechamiento de residuos agrícolas, agroindustriales y pecuarios para la obtención de biogás para la generación de energía eléctrica y térmica.
- Estudio de factibilidad - Combustión de la cascarilla de arroz para la obtención de energía térmica o eléctrica.
- Programa de Eficiencia Energética en Edificios Públicos.
- Proyecto de Eficiencia Energética en el Sector Industrial.
- Focos Ahorradores.
- Proyecto hidroeléctrico Chorrillos.

- Construcción de proyecto hidroeléctrico Mira.
- Proyecto eólico Santa Cruz – Baltra.
- Convenio de transferencia de conocimiento con el Gobierno Alemán: DED.
- Campaña de promoción de proyectos de Eficiencia Energética (idónea para cada proyecto).
- Validación de la Currícula Educativa de Energía.

1.7. Políticas para el desarrollo sustentable del sector energético¹

La responsabilidad social empresarial es muy importante en los entornos extractivos de recursos naturales, como riquezas mineras y energéticas así como en la implantación de proyectos eléctricos ya sea hidro o termoeléctricos. Sobre la base de que estos recursos son un bien común y pertenecen a todos los ecuatorianos, las empresas estatales y privadas deben ser socialmente responsables; es decir, deben saber conciliar los intereses de las empresas con los valores y demandas sociales.

1.7.1. Objetivos

Los objetivos de las políticas energéticas impulsadas por el MEER son los siguientes:

- a) Garantizar el desarrollo energético del país bajo los lineamientos de seguridad, soberanía y autosuficiencia energética nacional.
- b) Uso sustentable de los recursos naturales con responsabilidad social y protección del medio ambiente.
- c) Uso racional y eficiente de la energía primaria y secundaria.
- d) Provisión energética eficiente y de calidad.

¹ POLÍTICAS ENERGÉTICAS DEL ECUADOR 2008-2020 – Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

- e) Incremento de la cobertura energética a precios socialmente justos.
- f) Elevación de los estándares de vida de la sociedad ecuatoriana.

1.7.2. Políticas energéticas

Se establecen como políticas del Estado a corto, mediano y largo plazo en el sector energético las siguientes:

- a) Recuperar para el Estado la rectoría y la planificación del sector energético.
- b) Fortalecer las relaciones entre el Estado y las comunidades.
- c) Impulsar un modelo de desarrollo energético con tecnologías ambientalmente amigables.
- d) Formular y llevar adelante un Plan Energético Nacional, que defina la expansión optimizada del sector en el marco de un desarrollo sostenible.
- e) Promover alianzas estratégicas entre los sectores público y privado, nacional y extranjero, para el desarrollo de proyectos energéticos en un ambiente de seguridad jurídica.
- f) Promover el desarrollo sustentable de los recursos energéticos e impulsar proyectos con fuentes de generación renovable (hidroeléctrica, geotérmica, solar, eólica) y de nueva generación eléctrica eficiente, incluyendo la nuclear, excluyendo la generación con base en el uso del diesel.
- g) Otorgar por parte del Estado las garantías requeridas para el pago de la energía generada y la recibida por las empresas eléctricas de distribución o buscar los mejores mecanismos de pago.
- h) Fortalecer la expansión del Sistema Nacional Interconectado y el desarrollo técnico del sector eléctrico regional, a través del consecuente incremento de inversiones, reducción de costos de

generación y mayor intercambio de electricidad entre los países de la región.

- i) Fortalecer el Sistema Nacional de Transmisión de manera que permita evacuar la energía de centrales de generación y satisfacer los requerimientos de las empresas eléctricas de distribución, en condiciones de calidad, continuidad y seguridad.
- j) Fortalecer las instituciones estatales del sector energético.
- k) Promover la constitución de empresas de distribución de energía eléctrica proactivas, eficientes y competitivas, guiadas por los principios de economía solidaria, manteniendo el principio de servicio público.
- l) Implementar tecnologías de uso eficiente de la energía, desarrollar planes de reducción de pérdidas y promover el uso racional y eficiente de la energía en la población.
- m) Promover la creación y consolidación de empresas de servicios energéticos como vehículo para llegar a los consumidores y lograr que implementen proyectos de eficiencia energética.
- n) Reducir el consumo de combustible en el transporte mediante la sustitución por gas natural comprimido – GNC, electricidad y la introducción de tecnologías híbridas.

1.8. Proyecto “Sustitución de 330.000 Refrigeradoras Ineficientes”²

1.8.1. Antecedentes

El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, ha planificado implementar un nuevo mecanismo de reducción del consumo (demanda) de energía eléctrica en el sector residencial, mediante la renovación de refrigeradoras obsoletas con más de 10 años de uso por nuevas y eficientes que consumen en el orden de cuatro veces menos energía.

El Programa busca la renovación de 330.000 refrigeradoras en un período de 5 años, lo que permitirá contribuir al cambio de la matriz energética del país a través de la reducción de la demanda de electricidad en el sector residencial por el uso de electrodomésticos más eficientes; estimular la producción nacional de equipos y electrodomésticos de alta eficiencia; y, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que potencian el calentamiento global.

1.8.2. Identificación, diagnóstico del problema

Las estadísticas del sector eléctrico nos muestran que en el Ecuador existe un crecimiento anual de la potencia máxima de generación, a una tasa del orden del 5,6%. Entonces tendremos que si la base de referencia para el año 2007 es de 2700 MW, significa que para el año 2009 se requirieron de 160 MW para poder cubrir la demanda de potencia en horas pico, es decir las de mayor consumo eléctrico. Gran parte de esta energía es suministrada por generadoras que consumen combustibles fósiles líquidos: bunker, diesel puro y mezclado, los cuales tienen precios elevados, son importados, y el estado los subsidia.

Por otro lado se tiene que un mayor nivel de potencia implica un mayor nivel de flujo eléctrico que circula por las redes, lo que implica mayores pérdidas técnicas

² Perfil del Proyecto No. 1 Sustitución de Refrigeradoras del Programa para renovación de equipos de consumo energético ineficiente. (CUP: 144210000.0000.3772617), presentado y priorizado por SENPLADES.

por efectos físicos y la posibilidad de incremento de pérdidas por el hurto de energía.

El uso final con mayor participación en horas de máxima demanda es la iluminación, misma que se presenta entre las 18h00 y 22h00, llegando a su pico a las 19h30, sin embargo la refrigeración se presenta como una carga base permanente, y las acciones a realizar a efectos de disminuir el consumo en horas pico tendrán alto efecto con refrigeradoras eficientes.

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

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

Otro de los problemas es que al no darse el mantenimiento adecuado a las partes y piezas, como por ejemplo son los cauchos que realizan el cierre hermético de las puertas, para evitar la fuga del aire frío desde el interior, ocasiona que las refrigeradoras arranquen continuamente con un incremento en el consumo de electricidad

Si se analiza la eficiencia energética a nivel de categorías, y según mediciones realizadas, se puede observar que una refrigeradora con clasificación energética D, de 300 l consume 594,95 kWh/año, mientras que ese mismo artefacto con clasificación A puede llegar a consumir tan solo 249,87 kWh/año, con un ahorro altamente beneficioso respecto al de clasificación D (superior al 50%). Estos datos revelan la necesidad del país, respecto al control de eficiencia energética en artefactos de refrigeración.

En la Tabla 1.1 se muestran los rangos de consumo ponderados de las clasificaciones de eficiencia energética (kWh/mes) para un artefacto y/o

refrigerador-congelador de 10 pies cúbicos sin escarcha con congelador montado en la parte superior, sin servicio de hielo y/o agua a través de la puerta.³

Tabla 1.1. Clasificación energética⁴

Clasificación energética -Consumo (kWh/mes)													
A		B		C		D		E		F		G	
L.S.i	L.I.	L.S.i	L.I.	L.S.i	L.I.	L.S.i	L.I.	L.S.i	L.I.	L.S.i	L.I.	L.S.i	L.I.
29,8	0,00	34,21	29,8	40,83	34,21	47,45	40,83	54,07	47,45	58,48	54,07	inf.	58,48

FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011

Con los datos expresados anteriormente podemos decir que. "Los refrigeradores domésticos inciden de manera decisiva en el consumo eléctrico en el sector residencial".

1.8.3. Análisis de oferta

Actualmente la producción nacional de refrigeradoras de calidad A es baja y por ende la disponibilidad de estos equipos, pero con la implementación del proyecto se incentivará la producción interna de este tipo de artefactos.

La distribución de refrigeradoras que ha sido analizada sobre la base de las estadísticas de las empresas eléctricas de los consumos de los usuarios, se indica en la Tabla 1.2.

³ Elaborado en base al 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. Primera Edición. Para mayor detalle, consulte el apéndice

⁴ Calculo realizado con un Volumen Neto de Enfriamiento de 232 litros (10 pies). L.S.i: límite superior (incluido). L.I.: límite inferior.

Tabla 1.2. Distribución de refrigeradoras por área de concesión

DISTRIBUCIÓN DE 30,000 REFRIGERADORAS POR EMPRESAS ELÉCTRICAS Y POR ESTRATOS (Primer año)			
	Estrato T Dignidad 60%	Estrato Tdignidad hasta 200 kwh	Total
AMBATO	720	480	1.200
AZOGUES	120	80	200
BOLÍVAR	120	80	200
CENTRO SUR	1.020	680	1.700
COTOPAXI	360	240	600
NORTE	720	480	1.200
QUITO	2.940	1.960	4.900
RIOBAMBA	720	480	1.200
SUR	480	320	800
TOTAL SIERRA	7.200	4.800	12.000
CATEG	2.400	1.600	4.000
EL ORO	1.020	680	1.700
ESMERALDAS	540	360	900
EMELGUR	1.260	840	2.100
LOS RÍOS	480	320	800
MANABÍ	1.200	800	2.000
MILAGRO	660	440	1.100
STA. ELENA	480	320	800
STO DMGO	720	480	1.200
GALÁPAGOS	1.800	1.200	3.000
SUCUMBÍOS	240	160	400
TOTAL COSTA	10.800	7.200	18.000
TOTAL NACIONAL	18.000	12.000	30.000

DISTRIBUCIÓN DE 330,000 REFRIGERADORAS POR EMPRESAS ELÉCTRICAS Y POR ESTRATOS			
	Estrato T Dignidad 60%	Estrato Tdignidad hasta 200 kwh	Total
AMBATO	8.400	5.600	14.000
AZOGUES	1.200	800	2.000
BOLÍVAR	1.800	1.200	3.000
CENTRO SUR	12.600	8.400	21.000
COTOPAXI	4.200	2.800	7.000
NORTE	8.400	5.600	14.000
QUITO	35.400	23.600	59.000
RIOBAMBA	8.400	5.600	14.000
SUR	6.000	4.000	10.000
TOTAL SIERRA	86.400	57.600	144.000
CATEG	28.800	19.200	48.000
EL ORO	12.600	8.400	21.000
ESMERALDAS	6.600	4.400	11.000
EMELGUR	15.600	10.400	26.000
LOS RÍOS	6.000	4.000	10.000
MANABÍ	14.400	9.600	24.000
MILAGRO	7.800	5.200	13.000
STA. ELENA	6.000	4.000	10.000
STO DMGO	9.000	6.000	15.000
GALÁPAGOS	1.800	1.200	3.000
SUCUMBÍOS	3.000	2.000	5.000
TOTAL COSTA	111.600	74.400	186.000
TOTAL NACIONAL	198.000	132.000	330.000

FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011

1.8.4. Objetivo general y objetivos específicos

Objetivo General o Propósito: Sustituir 330 000 refrigeradoras obsoletas por nuevas y eficientes en el sector residencial, a través de la implementación de incentivos económicos y financieros.

Objetivos Específicos o Componentes:

- Preseleccionar, seleccionar, calificar y ubicar los usuarios beneficiarios del proyecto.
- Proveer refrigeradoras a los usuarios beneficiarios.
- Chatarrizar adecuadamente las refrigeradoras en desuso (Disposición final).
- Gestionar el crédito y la recuperación del mismo.

1.8.5. Indicadores de resultados

La ejecución del proyecto en un período de 5 años (20 trimestres), permitirá contribuir al cambio de la matriz energética del país a través de la reducción de la demanda de electricidad en el sector residencial por el uso de electrodomésticos más eficientes. Por tanto, se utilizará como indicadores los siguientes:

- a) Disminución de la demanda de consumo eléctrico en el sector residencial en cada una de las Empresas Eléctricas, el cual será palpable o medible en el transcurso de la evolución del proyecto.
- b) Al 2015 el número de refrigeradoras sustituidas serían 330.000 unidades.
- c) Número de refrigeradoras antiguas (330.000 unidades) que serán recibidas por los Gestores Ambientales calificados para la disposición final de los equipos en desuso.

La sustitución de 330.000 refrigeradoras iniciará una renovación de 30.000 refrigeradoras en los primeros 12 meses; 42.000 unidades en el segundo año; 72.000 en el tercero; 96.000 en el cuarto y 90 000 en el quinto año. En la determinación de las cantidades citadas se consideró, entre otras cosas, la capacidad de las fábricas nacionales de garantizar el abastecimiento del Programa.

Finalmente se espera disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que potencian el calentamiento global en alrededor de 122 mil toneladas.

1.8.6. Matriz de marco lógico

Véase en Anexo A1.

1.8.7. Viabilidad financiera y/o económica

Valoración de beneficios económicos por ahorro energético: Para el cálculo de los beneficios económicos el proyecto toma en consideración:

- Únicamente los costos variables aplicados a la generación evitada

- No se consideran ahorros en transmisión y distribución ni ingresos tarifarios
- Para usuarios del estrato 131 a 200 kWh/mes, se considera un consumo extra de 20% debido a un uso más intenso por disponibilidad económica y consecuentemente un aumento en los ahorros del mismo porcentaje.

Tabla 1.3. Beneficios por ahorro energético

Ahorros	Tarifa de la dignidad		Tarifa normal	
	SIERRA	COSTA	SIERRA	COSTA
Ahorro por refrigeradora (kWh/mes)	35,50	64,10	49,00	66,50
Ahorro por refrigeradora (USD/año)	53,25	96,15	73,50	99,75
Numero de refrigeradoras	86.400,00	111.600,00	57.600,00	74.400,00
Ahorro total (USD/año)	4.600.800,00	10.730.340,00	4.233.600,00	7.421.400,00
Subtotal (USD/año)	15.331.140,00		11.655.000,00	
Ahorro ponderado por cada refrigeradora (kWh/mes)	51,62		58,86	
Beneficio económico anual ponderado (USD/Año) ⁵	26.986.140,00			
Beneficio económico anual ponderado (USD/Año)⁶	13.921.675,20			

FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011.

Valoración de beneficios económicos por disminución de potencia eléctrica:

A continuación se presenta el análisis económico de los beneficios que obtendría el Estado por la implementación del Programa en lo concerniente a la disminución de la potencia, considerando:

- Que las refrigeradoras antiguas tienen un factor de carga (FC1) o factor de uso del 50,0 %, con una potencia unitaria promedio (P1) de 200 a 350 W.
- Que las refrigeradoras nuevas tienen un factor de carga (FC2) del 25% con una potencia unitaria promedio (P2) de 150 a 250 W.

⁵ Se considera únicamente los ahorros evitados por la generación desplazada, con el precio real del combustible sin subsidio.

⁶ Se considera la generación desplazada menos el ingreso tarifario a nivel de abonado

- El ahorro de potencia viene representado por el retiro de 330 000 refrigeradoras de 200 a 350 W que funcionan con un factor de carga del 50%, las cuales que serán sustituidas por refrigeradoras de 150 a 250 W que funcionan con un factor de carga de 25%.
- Un costo de inversión en generación termoeléctrica de USD 650 el kW instalado.

Tabla 1.4. Beneficio por ahorro de demanda y total.

	Antes de la Sustitución	Después de la Sustitución
Potencia de refrigeración (kW)	33.000,00	12.375,00
Ahorro total en demanda (kW)	20.625,00	
Ahorro unitario (W)	62,50	
Inversión evitada (USD)	13.406.250,00	
Beneficio unitario anual (USD/año/refrigeradora)	6,77	
Beneficio total por disminución de consumo y potencia (USD/Año)	16.156.050,20	

FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011.

1.8.8. Identificación y valoración de la inversión total, costos de operación y mantenimiento, ingresos y beneficios.

El precio por cada equipo incluidos los servicios prestados por otras instituciones asciende a USD 537,80 incluido IVA; en consecuencia el valor del proyecto asciende a USD 177´ 474 000,00, menos el aporte por parte del usuario por concepto del crédito otorgado del orden de USD 95´964.000,00, que serviría para financiar otras 170.000 refrigeradoras aproximadamente. Este último valor será variable a lo largo de los años.

1.8.8.1. Flujos financieros y/o económicos

En el flujo económico (Tabla 1.7) detallamos todos los valores que corresponden a los cálculos técnicos para los ahorros en consumo de energía y diferimiento de potencia que se estimarían obtener.

En el flujo financiero (Tabla 1.8) se detallan los valores correspondientes al crédito y su recuperación, incluido el interés generado a lo largo del plazo de pago otorgado a los beneficiarios.

En consecuencia, los indicadores económicos (Tabla 1.5) y financieros (Tabla 1.6) del proyecto son:

Tabla 1.5. Indicadores económicos

VAN (USD)	14.440.010
TIR	17,4%

FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011

Tabla 1.6. Indicadores Financieros

VAN (USD)	-14.872.302
TIR	2,6%

FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011

Desde el punto de vista del Estado, la tasa interna de retorno del 17,4% hace del proyecto muy atractivo para su inversión.

Tabla 1.7. Flujo Económico

Años	Número de Refrigeradoras a renovar	INGRESOS				EGRESOS				FLUJO ECONOMICO
		Beneficios netos por energía		Beneficio por demanda	TOTAL INGRESOS	Chatarrazación	Operativos y de planificación	VALOR DE INCENTIVO ECONOMICO (Bono)	TOTAL EGRESOS (INVERSIÓN ESTADO)	
		Tarifa dignidad	Tarifa normal							
A	B	C	D	E	F=C+D+E	G	H	I	J=G+H+I	K=J+F
0							-1.164.000	-5.736.000	-6.900.000	-6.900.000,0
1	30000	947.743,2	317.863,6	203.125	1.468.731,8	-510.000	-1.629.600	-8.030.400	-10.170.000	-8.701.268,2
2	42000	2.274.583,7	762.872,7	487.500	3.524.956,4	-714.000	-2.793.600	-13.766.400	-17.274.000	-13.749.043,6
3	72000	4.549.167,4	1.525.745,5	975.000	7.049.912,8	-1.224.000	-3.724.800	-18.355.200	-23.304.000	-16.254.087,2
4	96000	7.581.945,6	2.542.909,1	1.625.000	11.749.854,7	-1.632.000	-3.492.000	-17.208.000	-22.332.000	-10.582.145,3
5	90000	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2	-1.530.000	0	0	-1.530.000	14.626.050,2
6	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
7	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
8	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
9	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
10	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
11	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
12	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
13	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
14	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
15	0	10.425.175,2	3.496.500	2.234.375	16.156.050,2		0	0	0	16.156.050,2
TOTAL					201.510.007,9				-81.510.000	

FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011

Tabla 1.8. Flujo

Años	Número de Refrigeradoras a renovar	INGRESOS			EGRESOS		FLUJO FINANCIERO
		Aporte de usuarios (Pago crédito)	Intereses de Cartera (Crédito 5%)	TOTAL INGRESOS	INCENTIVO FINANCIERO (Préstamo)	TOTAL EGRESOS	
0					-8.724.000	-8.724.000	-8.724.000
1	30.000	0	0	0	-12.213.600	-12.213.600	-12.213.600
2	42.000	2.908.000	229.600	3.137.600	-20.937.600	-20.937.600	-17.800.000
3	72.000	6.979.200	551.040	7.530.240	-27.916.800	-27.916.800	-20.386.560
4	96.000	13.958.400	1.102.080	15.060.480	-26.172.000	-26.172.000	-11.111.520
5	90.000	20.356.000	1.607.200	21.963.200	0	0	21.963.200
6	0	25.008.800	1.974.560	26.983.360	0	0	26.983.360
7	0	18.029.600	1.423.520	19.453.120	0	0	19.453.120
8	0	8.724.000	688.800	9.412.800	0	0	9.412.800
9	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
Financiero TOTAL				103.540.800		-95.964.000	

FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011

1.8.9. Modalidad de ejecución

La modalidad de ejecución es Indirecta, toda vez que las empresas eléctricas de distribución son quienes se encargan de preseleccionar, seleccionar, calificar y ubicar los beneficiarios del proyecto, así como la recuperación de los créditos otorgados.

Las actividades operativas del programa y sus procesos son:

- El usuario llena el Formulario de Aplicación del programa, a través de la página web de la Empresa Eléctrica – EE, de su jurisdicción.
- La EE verifica en su base de datos la elegibilidad del usuario consumo energético, morosidad de pago, propietario del inmueble.
- Si el usuario cumple con los requisitos de elegibilidad, la EE envía un inspector para recopilar la información descrita en el Formulario de Inspección, específicamente el levantamiento de la información correspondiente a: características físicas de la refrigeradora, estado de la instalación eléctrica domiciliaria y procede a etiquetar la refrigeradora.
- Si la información levantada cumple con los requisitos exigidos, el usuario es calificado y declarado como beneficiario del programa y priorizado conforme los criterios para el efecto.
- La EE publicará mensualmente la lista de beneficiarios priorizados, de acuerdo al stock de refrigeradoras existentes en su área de concesión.
- El usuario se dirige a la EE para escoger el tipo de refrigeradora y el plazo para el pago de la misma; información que estará reflejada en el contrato de aceptación del programa
- El usuario suscribe en la EE tres ejemplares del contrato de aceptación del programa, y recibe un Certificado Intransferible, donde constan el tipo la refrigeradora escogida, la dirección del su

domicilio y el listado de las Casas Comerciales o Locales habilitados por el proveedor, quienes realizarán la entrega de la refrigeradora.

- El usuario se acerca a la Casa Comercial Autorizada y canjea el Certificado Intransferible por la factura de su refrigeradora nueva, previa verificación de la documentación en el Sistema Informático (SI).
- El Proveedor en un plazo no mayor a 5 días hábiles, entrega en el domicilio del beneficiario la refrigeradora nueva y retira la vieja, previa suscripción de un acta entrega recepción de los bienes.
- El Proveedor en un plazo no mayor a 10 días hábiles, entregará la refrigeradora vieja en el centro de acopio autorizado más cercano para la chatarrización de la misma, previa suscripción de un acta entrega recepción del bien.
- La chatarrizadora inicia el proceso de disposición final con la autorización del fiscalizador quien constatará en el SI que las refrigeradoras a chatarrizar son las efectivamente sustituidas.
- El proveedor se acerca a la EE con las dos actas para que estas sean publicadas en el SI y se habilite el cobro del crédito al usuario a través de la planilla mensual.
- Las EE remite al MEER un informe mensual de para que este autorice el pago al proveedor a través del BNF.
- La (s) Chatarrizadora (s) emitirá informes mensuales de las refrigeradoras procesadas al MEER para que se autorice el pago a está (s) a través del BNF.

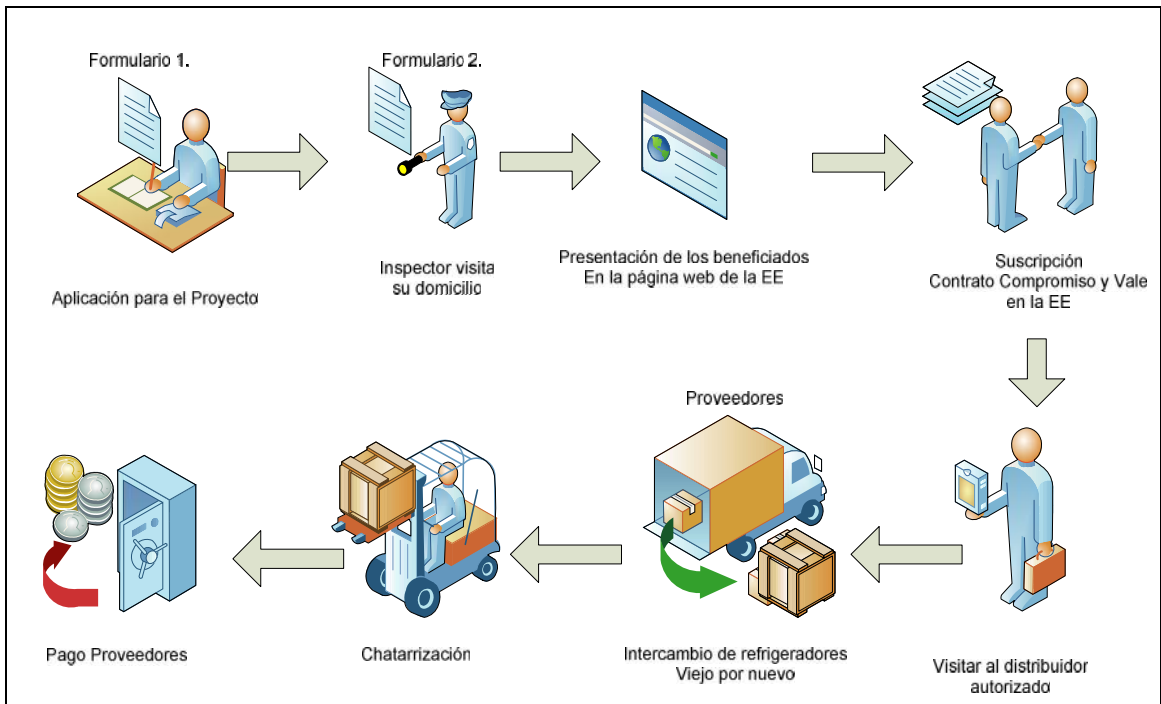


Figura 1.1 Esquema de flujo de trabajo-Ejecución.
 FUENTE: Perfil de Proyecto SENPLADES – MEER 2011

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

2.1. Introducción

Para lograr la minimización del impacto medioambiental, la gestión empresarial debe realizarse teniendo una visión global del proceso, desde la cuna hasta la tumba, de manera que se conozcan los recursos consumidos por unidad de producto y los residuos que se generan; en nuestro caso se lo extrapolará al número total de unidades producidas para estudiar el impacto de la ejecución completa del proyecto. Esta perspectiva solo se alcanza con el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que constituye una herramienta de gestión medioambiental para alcanzar la ecoeficiencia.

La primera definición oficial de ACV se estableció en 1993, según la cual, “el ACV es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad. Esto se lleva a término identificando la energía, materia utilizadas y los residuos de todo tipo de vertido al medio; determinando el impacto de este uso de energía y materias y de las descargas al medio; evaluando e implementando prácticas de mejora ambiental”. El análisis incluye el estudio de ciclo de vida completo del producto, proceso o actividad, y comprende las etapas de extracción y procesamiento de materias primas; manufactura, transporte y distribución; uso, reutilización y mantenimiento; reciclaje y destino final de la fracción de residuos.

El análisis de ciclo de vida se estandariza mediante la norma ISO 14040. En la misma se especifican los usos y aplicaciones del ACV:

- Identificación de oportunidades de mejora de los aspectos medioambientales de los productos en todas las etapas de su ciclo de vida.
- Toma de decisiones relacionadas con la planificación estratégica, establecimiento de prioridades, diseño o rediseño de productos o procesos.
- Selección de indicadores de comportamiento medioambiental relevantes incluyendo técnicas de medición (por ejemplo, para cuantificar la ecoeficiencia).
- Eco-marketing de los bienes y servicios ofertados.

La metodología de ACV es la mejor forma de analizar los productos y/o servicios desde el punto de vista ambiental y energético sin límites geográficos, funcionales o temporales, ya que se examinan todos los procesos. De este modo, se pueden evaluar y comparar tecnologías alternativas, considerando todas sus etapas del ciclo de vida.

Una ventaja clara de un estudio de ACV es que permite detectar situaciones en las que un determinado sistema industrial parece más limpio que otro

simplemente porque trasfiere las cargas ambientales a otros procesos o región geográfica, sin una mejora real desde el punto de vista global. La transferencia de carga ambiental puede producirse también en el tiempo, por ejemplo, al comercializar productos fabricados con bajo impacto, que a la hora de utilizarlos, mantenerlos y eliminarlos causen más impacto que sus predecesores.

Hay que tener en cuenta que el mayor impacto ambiental y/o energético de un producto no siempre se produce durante su fabricación. Frecuentemente el mayor impacto está en las etapas de distribución, uso y mantenimiento del producto, así como el tratamiento de sus residuos cuando el producto llega al final de su vida útil. Todas estas circunstancias se conocen como “*problem shifting*” y pueden ser detectadas en un estudio de ACV.

En la actualidad, la metodología del ACV es aceptada como base sobre la que comparar materiales, componentes y servicios alternativos. Además, hoy en día, la metodología está totalmente estandarizada a través de las normas ISO 14040-14043.

- ISO 14040:1997 ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA. PRINCIPIOS Y MARCO DE REFERENCIA. Se especifica la estructura general, los principios y los requisitos que debe contemplar un estudio de ACV, así como los aspectos que deben incluirse en el informe final del mismo.
- ISO 14041:1998 EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA. DEFINICIÓN DEL PROPÓSITO Y DEL ALCANCE Y ANÁLISIS DEL INVENTARIO. Define los principios a considerar en la definición de objetivos, alcance y el análisis de inventario del ciclo de vida además de cómo deben recogerse estos aspectos en el informe final.
- ISO 14042:2000 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA. EVALUACIÓN DE IMPACTO DEL CICLO DE VIDA. Describe el objetivo y los requisitos generales para desarrollar la evaluación del impacto de ciclo de vida así como las distintas fases que lo componen y los aspectos a tratar

en cada una de éstas. Considera también la relación entre el impacto del ciclo de vida y el resto de las etapas.

- ISO 14043:2000 EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA. INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA. Describe la etapa de interpretación de un ACV, donde se consideran los resultados del análisis de inventario y de la evaluación de impacto con vistas a elaborar y presentar las conclusiones del estudio.

Un estudio de ACV puede ayudar a una empresa a la hora de decidir la alternativa de producción medioambientalmente más correcta desde el diseño del producto hasta su uso y disposición final.

Entre los usos del ACV hay que destacar:

- La identificación de oportunidades de mejora de los aspectos energéticos y ambientales de los servicios o productos en varios puntos de su ciclo de vida.
- La toma de decisiones en la industria, as organizaciones gubernamentales o no gubernamentales con vistas a la planificación estratégica, el establecimiento de prioridades, el diseño o rediseño de productos, procesos, la elección de proveedores y de materias primas, el establecimiento de estrategias de gestión de residuos, programas de I+D, etc.
- La selección de indicadores de comportamiento ambiental relevantes, incluyendo técnicas de medición.

2.2. Definición y fases de un análisis de ciclo de vida

La norma ISO 14040:1997 nos refleja que el análisis del ciclo de vida debe incluir la definición de la meta y el alcance, el análisis del inventario, la evaluación del impacto y la interpretación de los resultados, como se ilustra en la Figura 2.1.

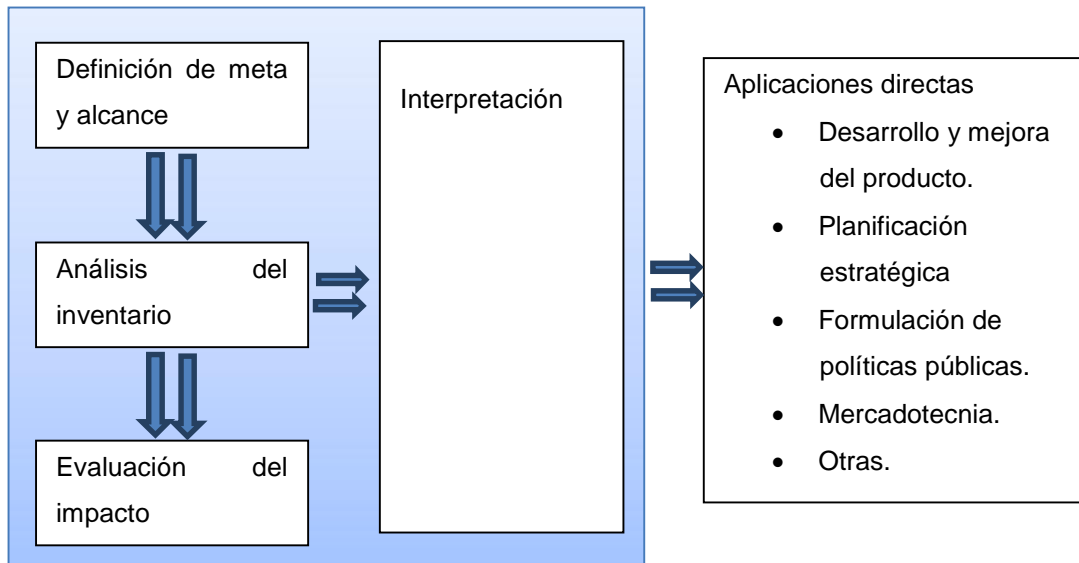


Figura 2.1. Fases principales de un estudio de ACV
 FUENTE: *Elaboración propia, Norma NTC-ISO 14040 – 2003*

2.3. Metodología del análisis del ciclo de vida

A continuación se detallan los puntos propuestos por la metodología a seguir.

2.3.1. Definición de la meta y el alcance

La meta y alcance de un estudio de ACV deben estar definidos claramente, y ser coherentes con la aplicación deseada.

2.3.1.1. Meta del estudio

La meta de un estudio de ACV debe establecer sin ambigüedades la aplicación deseada, las razones para realizar el estudio y la audiencia proyectada, es decir, aquellos a quienes se piensa comunicar los resultados del estudio.

2.3.1.2. Alcance del estudio

Para definir el alcance de un estudio de ACV se deben considerar los siguientes puntos, que deben ser descritos claramente:

- las funciones del sistema producto o, en el caso de estudios comparativos, los sistemas;

- la unidad funcional;
- el sistema producto que se estudiará;
- los límites del sistema producto;
- los tipos de impacto, la metodología de evaluación del impacto, y la interpretación subsecuente que se usará;
- Los requisitos de los datos;
- Las suposiciones y limitaciones;
- Los requisitos de calidad de los datos iniciales;
- el tipo de revisión crítica, si existe;
- el tipo y el formato del informe requerido para el estudio.

El alcance debería ser lo suficientemente bien definido para asegurar que la extensión, la profundidad y el detalle del estudio sean compatibles y suficientes para dirigirse hacia la meta establecida.

2.3.1.3. Función y unidad funcional

El alcance de un estudio de ACV debe especificar claramente las funciones del sistema que se está estudiando. Una unidad funcional es una medida del desempeño de las salidas funcionales del sistema producto. El propósito principal de la unidad funcional es proveer una referencia con la cual las entradas y salidas estén relacionadas. Esta referencia es necesaria para asegurar la comparabilidad de los resultados del ACV. La comparabilidad de los resultados del ACV es particularmente crítica cuando se están evaluando diferentes sistemas para asegurar que las comparaciones se hacen sobre una base común.

Un sistema puede tener un cierto número de posibles funciones, y la que se seleccione para un estudio depende de las metas y el alcance de ese estudio. La unidad funcional relacionada debe estar definida y ser mensurable.

2.3.1.4. Límites del sistema

El sistema se define como el conjunto de procesos unitarios o subsistemas necesarios que conectados material y energéticamente permiten la presencia del producto estudiado en el mercado.

Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios deben ser incluidos dentro del ACV.

Varios son los factores que determinan los límites del sistema, entre los que se incluyen la finalidad de la aplicación del estudio, las suposiciones hechas, los criterios de corte, los datos y las restricciones de costos, y la audiencia proyectada.

Los criterios usados para establecer los límites del sistema, deben ser identificados y justificados en el alcance del estudio. Los estudios de ACV empleados para formular una aseveración comparativa que será comunicada al público, deben realizar un análisis de flujos de material y energía para determinar si inclusión en el alcance del estudio.

2.3.1.5. Requisitos de calidad de los datos.

Los requisitos de calidad de los datos especifican las características necesarias de los datos en forma general para realizar el estudio y están en función de las metas y el alcance del estudio de ACV. Los requisitos de calidad de los datos deberían de considerar:

- la cobertura temporal;
- la cobertura geográfica;
- el marco tecnológico;
- la precisión, la integridad y la representatividad de los datos;
- la coherencia y la reproducibilidad de los métodos usados durante el ACV;

- las fuentes de los datos.

2.3.2. Análisis del inventario del ciclo de vida

Se cuantifican todos los flujos energéticos y materiales entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos o emitidos hacia el medio ambiente.

2.3.2.1. Descripción general del inventario del ciclo de vida

El análisis del inventario implica la recolección de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas pertinentes de un sistema producto. Estas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y descargas al aire, al agua y al suelo asociados con el sistema (Figura 2.3).

En todos los flujos materiales y energéticos entrantes y salientes identificados debe indicarse su origen o destino. Éste puede ser la naturaleza o la tecnósfera (medio no natural construido por el hombre) (Figura 2.2).

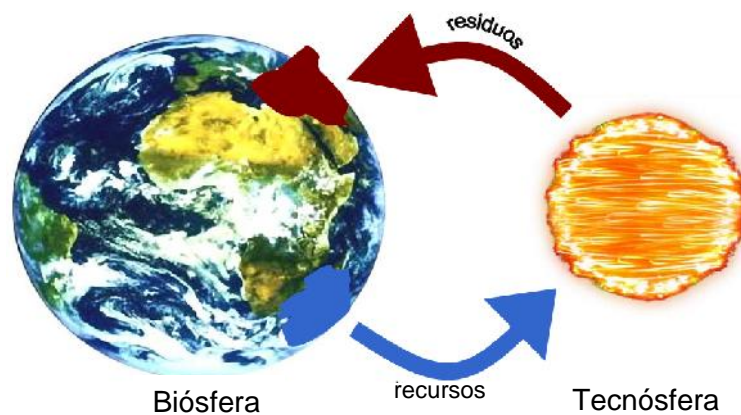


Figura 2.2. Ciclo Natural-Tecnósfera

A partir de estos datos se pueden realizar interpretaciones, las que dependerán de las metas y el alcance del ACV. Tales datos también constituyen la entrada para la evaluación del impacto del ciclo de vida.

El proceso de conducción de un análisis del inventario es iterativo. A medida que se recopilan datos y se conoce más acerca del sistema, se podrían identificar nuevos requisitos de datos o limitaciones que requerirán un cambio en los procedimientos de recolección de datos, de modo que las metas del estudio se

sigan cumpliendo. Algunas veces se podrían identificar temas que requerirán que se revisen la meta o el alcance del estudio.

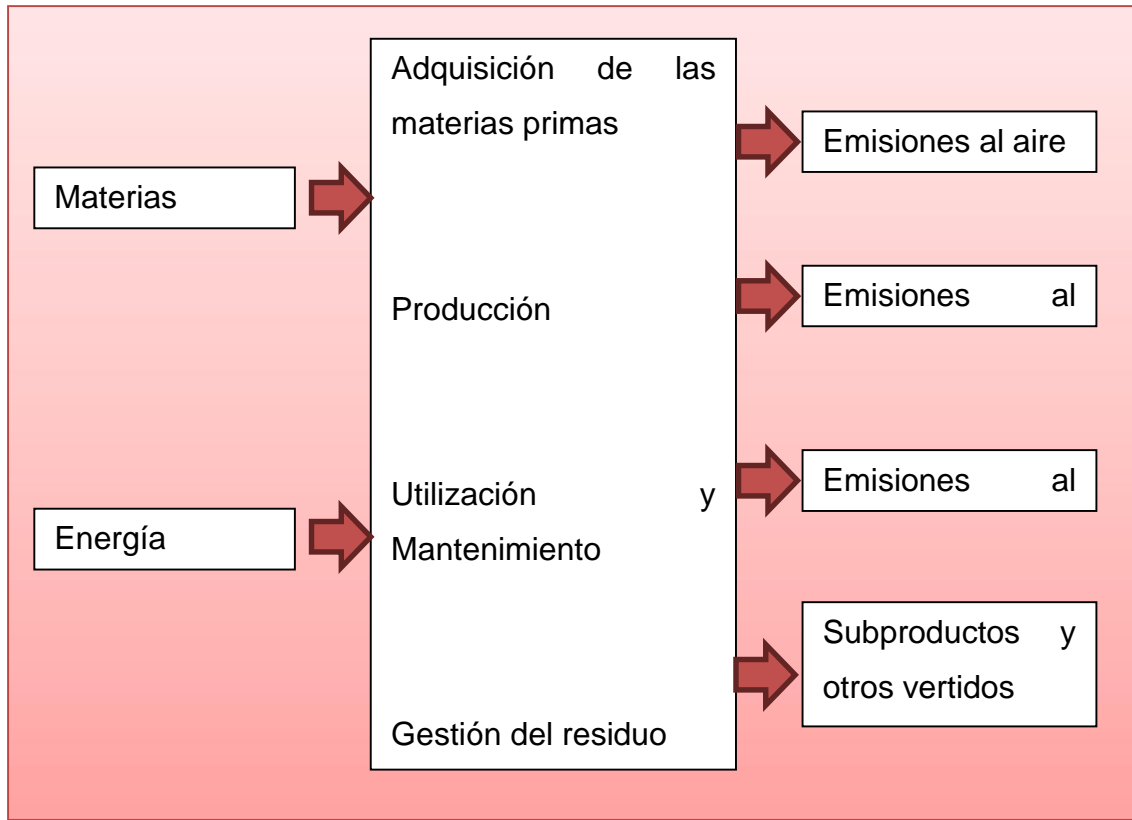


Figura 2.3. Inventario del Ciclo de vida

FUENTE: Elaboración propia, Norma NTC-ISO 14041 – 2000

2.3.2.2. Recopilación de datos y procedimiento de cálculo

Los datos cualitativos y cuantitativos que se incluyan en el inventario deben ser recopilados en cada proceso unitario que sea incluido dentro de los límites del sistema.

Los procedimientos que se utilicen para recopilar los datos pueden variar dependiendo del alcance, el proceso unitario o la aplicación que se dará al estudio.

La recopilación de datos puede ser un proceso que utilice recursos en forma intensiva. Las restricciones prácticas sobre la recopilación de datos deberían ser consideradas en el alcance y documentadas en el informe del estudio.

Consideraciones:

- Los *procedimientos de asignación* son necesarios cuando se trate con sistemas que implican múltiples productos (por ejemplo, múltiples productos de una refinería de petróleo). Los flujos de materiales y energía así como las descargas ambientales asociadas deben ser repartidos entre los diferentes productos de acuerdo con procedimientos claramente establecidos, los cuales deben ser documentados y justificados.
- El cálculo del *flujo de energía* debería tener en cuenta las diferentes fuentes de combustibles y electricidad utilizadas, la eficiencia de conversión y de distribución del flujo de energía, así como las entradas y salidas asociadas con la generación y el uso de este flujo de energía.

2.3.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida

En la evaluación de los impactos se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, relacionando sus resultados con efectos ambientales observables por medio de un conjunto de categorías de impactos (acidificación del terreno, reducción de la capa de ozono, toxicidad, agotamiento de los recursos, etc.)

El nivel de detalle, la selección de los impactos evaluados y las metodologías usadas dependerán de la meta y el alcance del estudio.

Esta evaluación puede incluir el proceso iterativo de revisión de la meta y el alcance del estudio de ACV para determinar cuándo se han cumplido los objetivos de este estudio, o para modificar la meta y el alcance si la evaluación indica que ellos no pueden ser logrados.

Los elementos de la fase de evaluación del impacto se ilustran en la Figura 2.4 distinguiendo entre elementos obligatorios y opcionales.

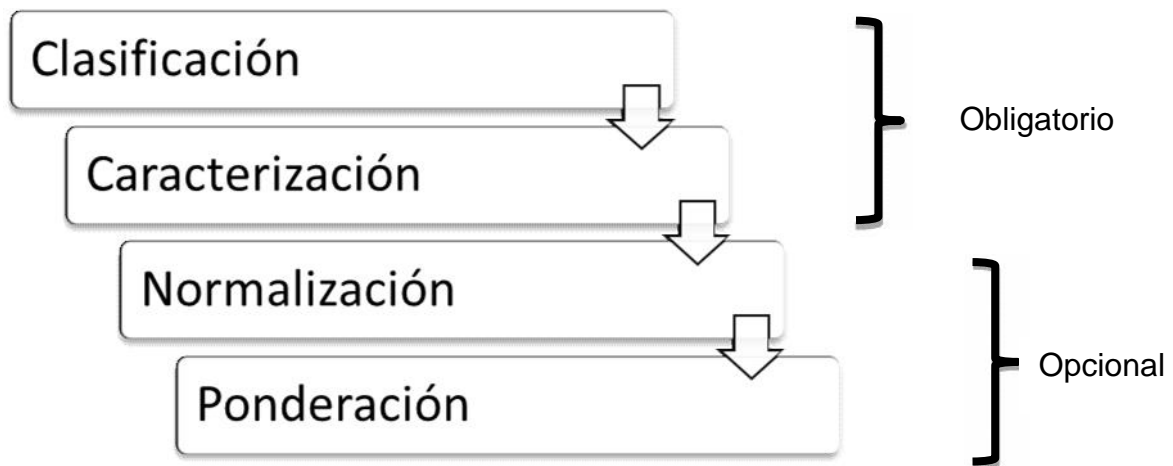


Figura 2.4. Elementos de la fase EICV
 FUENTE: *Elaboración propia, Norma NTC-ISO 14042 – 2003.*

Fases Obligatorias

- Asignación de datos del inventario a categorías de impacto (clasificación);
- Modelo de los datos del inventario dentro de categorías de impacto (caracterización).

Fases Opcionales

- El cálculo de la magnitud de los resultados de los indicadores de categoría con relación a los indicadores de referencia (normalización).
- Posiblemente, la agregación de los resultados en casos muy específicos y sólo cuando sean significativos (ponderación).

2.3.3.1. Clasificación

En este apartado se deben seleccionar las categorías de impacto a evaluar, y asignar los resultados del ICV a las categorías seleccionadas. Las categorías de impacto se pueden definir como los impactos sobre el medio ambiente causados por los flujos energéticos y materiales del ICV. Estos efectos serán seleccionados y definidos teniendo en cuenta el potencial impacto que pueda generar el sistema.

Existen diferentes métodos de evaluación y cada uno considera unas determinadas categorías de impacto. En esta fase debe considerarse la asignación de resultados del ICV que son exclusivos de una categoría de impacto y la identificación de resultados del ICV que guardan relación con más de una categoría de impacto. Por ejemplo el SO₂ se asigna a las categorías de impacto de salud humana y acidificación.

Según la SETAC (Sociedad de Toxicología Mediambiental y Química, del inglés Society of Environmental Toxicology and Chemistry)(SETAC,1993), las categorías de impacto a considerar en un ACV se engloban a tres grupos principales:

- Consumo de recursos naturales (R).
- Impactos al ecosistema (E).
- Daños a la salud (S).

Además, las categorías de impacto también pueden clasificarse en función del tipo de impacto que origina cada una, distinguiéndose dos grupos:

- Efectos Globales (G). Aquellos cuyo impacto es independiente de la localización geográfica donde se extraen los recursos o donde tienen lugar las emisiones.
- Efectos de alcance regional (R) o local (L). Aquellos cuyos impactos sólo afectan a un área geográfica localizada.

2.3.3.2. Caracterización⁷

En esta fase se realiza la conversión de los resultados del ICV a unidades comunes utilizando los denominados factores de caracterización y se agregan los resultados convertidos, obteniendo como resultado un indicador numérico para cada categoría de impacto.

⁷ Véase el Anexo B1, donde se describen los factores de caracterización, normalización y ponderación para cada emisión

Los factores de caracterización representan, por lo tanto, la contribución relativa de una sustancia a una categoría de impacto. Cada método de evaluación de impactos aplica distintos factores de caracterización a las sustancias incluidas en cada categoría de impacto.

Por ejemplo, dentro de la categoría de impacto “calentamiento global”, se incluyen principalmente las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O; gases emitidos por la acción humana que se ha demostrado que contribuyen al sobrecalentamiento del planeta. No obstante, cada uno de los gases contribuye con distinto peso al calentamiento global. Para realizar la caracterización se toma como indicador de referencia los Kg de CO₂ emitidos.

Más adelante, en el numeral 2.7.2 se detalla la metodología del ECOINDICADOR '99 con todas las categorías de impacto y las categorías de daño que se tomarán en cuenta para el análisis

2.3.3.3. Normalización⁸

La normalización muestra el grado de contribución de cada categoría de impacto considerada sobre el problema medioambiental global. Por tanto, el objetivo de esta fase es comprender mejor la magnitud relativa de los indicadores numéricos obtenidos en la caracterización.

En definitiva, en la fase de comercialización se dividen los resultados de la caracterización por los factores de normalización de cada categoría de impacto. Los factores de normalización constituyen la magnitud real predicha de la categoría de impacto correspondiente para un área geográfica y un momento en el tiempo determinado. Usualmente cada método de evaluación de impactos aplica distintos factores de normalización a las categorías de impacto consideradas en dicho método.

A modo de ejemplo, supongamos que en la fase de caracterización se ha obtenido que el sistema estudiado, dentro de la categoría de impacto “calentamiento global” conlleva la emisión anual de 30 t de CO₂. En la

⁸ Véase el Anexo B1 donde se describen los factores de caracterización, normalización y ponderación para cada emisión

normalización se persigue determinar la trascendencia de esta cifra comparándola con un valor de referencia. Para ello, sobre la base de estudios científicos, se conoce que la cantidad anual de CO₂ emitida a escala global que contribuye al calentamiento global es de 38*10⁹ t de CO₂. Esta cifra constituirá el factor de normalización para la categoría “calentamiento global”. Por tanto, al dividir estas cifras: 30 t de CO₂ / 38*10⁹ t de CO₂ = 89,47*10⁻¹² se obtiene una cifra adimensional que representa el orden de magnitud del impacto ambiental del producto comparado con la carga ambiental total para la categoría de impacto “calentamiento global”.

2.3.3.4. Ponderación⁹

La ponderación es el proceso de conversión de los resultados de los indicadores normalizados de las diferentes categorías de impacto, utilizando factores numéricos (factores de ponderación) basados en valoraciones subjetivas. Además, esta fase suele incluir la agregación de los resultados de los indicadores ponderados.

Por tanto, básicamente la ponderación consiste en multiplicar los factores de ponderación por el resultado de la normalización para cada categoría de impacto y sumarlos posteriormente para obtener una puntuación total medioambiental del sistema analizado.

Los factores de valoración de cada categoría de impacto representan la importancia relativa de cada categoría de impacto sobre el medio ambiente. Estos factores, a diferencia de todos los factores expuestos anteriormente son subjetivos y pueden variar según el área geográfica en función de criterios socioeconómicos. Por ejemplo, la categoría de impacto “consumo de recursos hídricos” puede tener una gran importancia en países con déficit hídrico, mientras que en aquellos países con excedentes hídricos su importancia relativa será menor.

⁹ Véase

donde se describen los factores de caracterización, normalización y ponderación para cada emisión

Evidentemente cada método de evaluación de impactos considera unos factores de ponderación determinados para cada categoría de impacto. Por ejemplo, el método “Ecoindicador ‘99” aplica factores de ponderación de 400 para las categorías “salud de las personas” y “calidad del ecosistema”, y un factor de 200 para la categoría “recursos”.

2.3.4. Interpretación de resultados

La interpretación de resultados es la fase en la que se combinan los resultados de las anteriores fases del estudio del ACV para obtener una serie de conclusiones y recomendaciones útiles para la toma de decisiones sobre el sistema analizado, de forma consistente con el objetivo y alcance del estudio.

Los objetivos de la interpretación son analizar los resultados, establecer conclusiones, explicar limitaciones y emitir recomendaciones basadas en los resultados de fases anteriores e informar acerca de los resultados de forma transparente.

Dentro de esta fase se incluyen tres elementos fundamentales:

- Identificación de las variables significativas: Consiste en determinar qué procesos conllevan un mayor impacto y cuales se podrían obviar.
- Verificación de los resultados: Se pretende establecer y reforzar la confianza y fiabilidad de los resultados del estudio mediante técnicas de comprobación de integridad, de sensibilidad y de consistencia. La comprobación de integridad pretende asegurar que toda la información relevante y los datos necesarios para la interpretación están disponibles y completos. En la comprobación de sensibilidad se evalúa la fiabilidad de los resultados finales y de las conclusiones determinando si se ven afectados por incertidumbres en los datos o en los métodos de evaluación seleccionados. Por su parte, con la comprobación de consistencia se valora si la hipótesis, métodos y datos son coherentes con el objetivo y alcance del estudio.

- Conclusiones y recomendaciones: El establecimiento de conclusiones debe hacerse de forma interactiva considerando todas las fases del ACV. Las recomendaciones deberán basarse en las conclusiones finales del estudio.

2.4. Limitaciones del análisis de ciclo de vida

Una vez detallada la metodología del ACV, a continuación se exponen las principales limitaciones de un estudio de ACV:

- La naturaleza de las elecciones e hipótesis que se hacen en el ACV pueden ser subjetivas. Por ejemplo, al establecer los límites del sistema, al seleccionar las fuentes de datos y las categorías de impacto a analizar, etc.
- Los modelos utilizados para el análisis de inventario o para evaluar los impactos ambientales están limitados por las hipótesis y pueden no estar disponibles para todos los impactos potenciales o aplicaciones.
- Los resultados de un ACV orientados a ámbitos globales o regionales pueden no ser apropiados para aplicaciones locales, es decir, las condiciones locales pueden no estar adecuadamente representadas por las condiciones globales o regionales.
- La precisión de los estudios de ACV puede estar limitada por la accesibilidad o disponibilidad de datos importantes, o por la calidad de los mismos.
- La ausencia de dimensiones espaciales y temporales en los datos del inventario utilizado para la valoración del impacto introduce incertidumbre en los resultados de dicho impacto.

2.5. Herramientas informáticas para el análisis de ciclo de vida

Debido a la gran cantidad de datos que hay que manejar para realizar un ACV, es muy recomendable poder disponer de una herramienta informática que permita

afrontar de forma eficiente un estudio de un ACV.

Actualmente existe un buen número de programas informáticos en el mercado que permiten realizar ACV, en la tabla a continuación se presenta un detalle:

Tabla 2.1. Programas informáticos para estudios de ACV

Programa	Comentario	Compañía Desarrolladora
SimaPro	Es el programa de ACV más utilizado. Presenta unas características que facilitan la elaboración de estudios de ACV.	Pre Product Ecology Consultants, Amersfoort, the Netherlands
Umberto	Es una herramienta muy potente y flexible para aplicar el ACV y realizar análisis de flujos de materiales y energía dentro de la industria.	Ifu - Institute for Environmental Informatics Hamburg GmbH and ifeu - Institute for Energy and Environmental Research Heidelberg GmbH
ECO-it	Programa informático para la aplicación del ecodiseño.	Pre Product Ecology Consultants, Amersfoort, the Netherlands
ECO-edit	Permite editar o crear bases de datos para ECO-it.	Pre Product Ecology Consultants, Amersfoort, the Netherlands
EcoScan 3.0	Programa que permite analizar de manera fácil los impactos ambientales y costes de los productos.	TNO Industrial Technology, Eindhoven, Netherlands
TEAM™	Is Ecobilan's 's programa potente y flexible para aplicar el ACV.	The Ecobilan Group, Arundel, United Kingdom
EcoLab	Es un potente programa para realizar estudios de ACV.	Nordic Port, Göteborg, Sweden
ATHENA Model	Herramienta práctica, fácil de utilizar en la toma de decisiones y que ofrece datos ambientales de gran calidad que ayudan a escoger entre distintas opciones.	Athena Sustainable Materials Institute, Ottawa, Canada
KCL-ECO 3.01	Programa para la aplicación del ACV.	Oy Kesulaboratorio-Centrallaboratorium Ab (KLC). Espoo, Finland
Design System 4.0	Herramienta para la evaluación de impactos ambientales y el desarrollo de productos sostenibles.	Assess Ecostrategy Scandinavia AB, Göteborg, Sweden
GaBi 4	Programa informático para el análisis de ciclo de vida.	Institute for Polymer Testing and Polymer Science (IKP), University of Stuttgart in co-operation with PE Europe GmbH (PE), Dettingen/Teck
LCAiT - CIT Ekologik	Programa para aplicar el ACV que dispone de una interficie gráfica.	Chalmers Sciencepark, Göteborg, Sweden
PTLaser	Herramienta utilizada para evaluar los impactos ambientales y económicos derivados de decisiones de proceso.	Sylvatica, North Berwick

FUENTE: El Analisis de Ciclo de Vida como herramienta de gestión empresarial. Aranda Usón, 2006.

Bases de datos para el análisis de ciclo de vida

Todos los programas informáticos que realizan estudios de ACV incorporan diversas bases de datos que se utilizan dentro de la fase del inventario de Ciclo de Vida (ICV).

Cabe destacar que en un mismo estudio de ACV se puede utilizar datos precedentes de una única base de datos, o combinar información de diversas bases, todo dependerá de los requisitos de calidad de los datos que se hayan definido para el estudio.

2.5.1. BUWAL 250

Esta base de datos fue desarrollada por el instituto suizo de Embalaje y está basada parcialmente en la base de datos ETH-ESU. Incluye emisiones asociadas a la producción de energía, y diversos procesos de producción de materiales, transporte y residuos. La versión de 1997 engloba un total de 248 tipos de procesos, siendo una de las fuentes más utilizadas.

2.5.2. DATA ARCHIVE

Esta base de datos incluye información de diversas fuentes recopilada por Pré Consultants (PWMI, BUWAL132, Chalmers, Van den Bergh en Jurgens, etc.).

2.5.3. ETH-ESU

El origen de esta base de datos es el Instituto de Investigación ETH-ESU de Zurich (Suiza). En ella se abarca la producción e importación de combustibles, la producción y comercialización de electricidad, incluyendo las emisiones desde la extracción de la energía primaria, el rifado, la extracción de recursos minerales, la producción de materias primas y materiales generales, etc.

2.5.4. IDEMAT

Esta base de datos fue desarrollada por la Delft University of Technology de Holanda compilando diversas fuentes de datos. Está enfocada principalmente hacia la producción de materiales, englobando un total de 508 tipos de procesos en la versión 2001.

2.5.5. ECOINVENT

Se desarrolló por medio de una iniciativa conjunta del Instituto suizo de investigación ETH y diversas Oficinas Federales de Suiza (EMPA, Agroscope, PSI, etc.). Contiene una extensa base de datos del ICV con más de 2700 datos. Presenta una buena compatibilidad con los programas informáticos de ACV.

2.5.6. INDUSTRY DATA

Contiene datos recogidos y publicados por diversas asociaciones de industrias de carácter internacional. En la versión de 2001 se engloban 74 tipos de procesos.

2.5.7. FRANKLIN

Esta base de datos, de origen estadounidense, recopila información sobre materiales generales, transporte y energía, incluyendo un total de 78 tipos de procesos en la versión de 1996.

2.5.8. IVAM

Esta base de datos está orientada principalmente hacia los procesos de construcción, En la versión de 2000 se incluye un conjunto de 800 tipos de procesos. Las últimas versiones (IVAM LCA Data 4) engloban 1350 procesos y más de 350 materiales.

2.6. Métodos de evaluación de impactos para el análisis de ciclo de vida.

En este apartado se realizará una breve descripción de los principales métodos de evaluación de impactos para el ACV. Actualmente existen dos métodos de evaluación de impactos basados en los ecoindicadores: Ecoindicador '95 y Ecoindicador '99, si bien este último es el más usado.

Un ecoindicador es un número a través del cual se mide el impacto ambiental ocasionado por un proceso, producto o servicio. Su uso es muy recomendable para facilitar el análisis de las cargas medioambientales de cualquier tipo de actividad durante su ciclo de vida.

Este número se obtiene haciendo un balance de los flujos energéticos y materiales de entrada y salida que hay en el proceso de obtención del producto, o en el proceso objeto del estudio.

Posteriormente, se analiza el impacto ambiental asociado a cada uno de los flujos cuantificados, valorando cómo influyen en la salud humana y en la degradación del medio ambiente, contabilizando su contribución a la pérdida de biodiversidad, la disminución de la capa de ozono, el cambio climático, el efecto invernadero, la acidificación del suelo, el agotamiento de los recursos naturales, etc.

A la hora de llevar a cabo esta valoración, hay que tener en cuenta que ciertos ecoindicadores pueden llegar a ser negativos, en el caso de que el proceso asociado a dicho ecoindicador sea beneficioso para el medioambiente. Este es el caso, por ejemplo, del reciclado del vidrio o papel.

La unidad utilizada para expresar los ecoindicadores son los milipuntos, siendo un punto la representación de la centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano medio europeo¹⁰.

2.6.1. ECOINDICADOR '95

Este método surge a partir de un proyecto de I+D, organizado por diversas asociaciones, institutos de investigación y empresas: PRé Consultants, Philips Consumer Electronics, NedCar (Volvo/Mitsubishi), Océ Copiers, Schuurink, CML Leiden, TU-Delft, IVAM-ER (Ámsterdam) y CE Delft. El método se adecua finalmente a la metodología recomendada por la SETAC.

Se consideran 10 categorías de impacto: efecto invernadero, capa de ozono, acidificación, eutrofización, metales pesados, sustancias cancerígenas, polución, pesticidas, recursos energéticos y residuos sólidos.

Los factores de normalización se basan en datos europeos de 1990. Existen dos conjuntos de normalización: Europa g y Europa e, que utilizan distintas hipótesis a la hora de extrapolar datos.

¹⁰ Este valor se calcula dividiendo la carga ambiental total en Europa entre el número de habitantes y multiplicándolo por 1000 (factor de escala)

2.6.2. ECOINDICADOR '99

Este método es una actualización del método anterior. Existen tres versiones del Ecoindicador '99 que implican distintas suposiciones en los modelos medioambientales considerados:

- Perspectiva Jerárquica (H): La perspectiva temporal es a largo plazo, las sustancias son incluidas si hay consenso en cuanto a su efecto. Para los combustibles fósiles se asume que no pueden ser fácilmente sustituibles.
- Perspectiva igualitaria (E): La perspectiva temporal elegida es extremadamente a largo plazo, las sustancias son incluidas si hay una mínima y clara indicación en cuanto a su efecto. Los daños no pueden ser evitados y causarán efectos catastróficos. Para los combustibles fósiles se asume que no pueden ser fácilmente sustituibles.
- Perspectiva Individualista (I): La perspectiva temporal es a corto plazo (100 años o menos), las sustancias son incluidas si hay alguna prueba completa respecto a su efecto. Los daños pueden ser recuperados por desarrollo tecnológico y económico. Para los combustibles fósiles se asume que no pueden ser fácilmente agotados, quedándose fuera de la evaluación.

Normalmente la perspectiva Jerárquica (H) se elige por defecto debido a que es la ponderación media del grupo de expertos que ha elaborado el método. Las otras versiones se usan para análisis extensos.

En este método, los resultados del ICV se agrupan en once categorías de impacto, aplicando los correspondientes factores de caracterización de impactos. Estas categorías de impacto son:

Sustancias cancerígenas: El alcance de este indicador es global y local. El daño se expresa en DALY/kg emisión. El DALY (Disability Adjusted Life Years) es un índice usado también por el WorldBank, que representa la suma de los años de

vida perdidos por mortalidad prematura y los años de vida productiva perdidos por incapacidad.

Orgánicos respirados: Efectos respiratorios como resultado de emisiones de sustancias orgánicas al aire. El indicador de esta categoría es el Potencial de Creación de Ozono Fotoquímico (POCP). Para las emisiones de sustancias al aire se calcula con el modelo de trayectoria UNECE (que incluye el destino final), y se expresa en kg etano equivalente/kg emisión. El alcance de este indicador es global, regional y local. El daño se expresa como DALY/kg emisión.

Inorgánicos Respirados: Efectos respiratorios causados por emisiones de partículas SO_x y NO_x al aire. El daño se expresa como DALY/kg emisión. El alcance es similar al anterior indicador.

Cambio Climático: Los factores de caracterización están basados en los modelos desarrollados por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) y expresados como potencial de calentamiento global para un horizonte temporal a largo plazo de 100 años. El factor de equivalencia se ha dividido en tres grupos: gases con una vida atmosférica menor de 20 años que se asume se comportan como el metano; gases con vida atmosférica entre 20 y 100 años que se comportan como el CO_2 ; gases con vida atmosférica superior a 100 años que se comportan como el N_2O . El daño se expresa como DALY/kg emisión, resultado de un incremento o descenso de enfermedades y muertes causadas por el cambio climático.

Radiación: Basada en estudios para la industria nuclear alemana. El daño se expresa como DALY/kg emisión, resultado de la radiación radiactiva. El alcance del indicador es a escala regional y local.

Capa de ozono: Los valores del potencial de reducción de ozono (ODP) han sido establecidos para hidrocarburos que contienen cloro, floro y bromo combinados o CFC (clorofluorocarbonos). Este indicador ha sido desarrollado por la WMO (World Meteorological Organization) para diferentes sustancias. El daño se expresa como DALY/kg emisión, debido al incremento de las radiaciones UV como resultado de la emisión de sustancias reductoras de ozono al aire. El alcance geográfico para este indicador es a escala global.

Ecotoxicidad: Daños a la calidad del ecosistema, como resultado de la emisión de sustancias tóxicas al aire, agua y tierra. Las principales son metales pesados, siendo la sustancia de referencia el cromo. El daño se expresa como Fracción Potencialmente Afectada (PAF)m² año/kg emisión. El alcance es global, regional y local.

Uso del terreno: El uso de la Tierra tiene impacto sobre la diversidad de especies por tipo de uso de la tierra, basada en observaciones. Dicha diversidad depende del tipo de uso de la tierra y del tamaño del área local. Los daños como resultado de la tierra o de su ocupación se expresan como PDF m² año/m².

Acidificación-Eutrofización: Como anteriormente se lo trató en el numeral 3.2.3.2.El daño a la atmósfera como resultado de las emisiones de sustancias acidificantes al aire, se expresa como Fracción Potencialmente Desaparecida (PDF) m² año/kg emisión. La escala geográfica es similar a la del anterior indicador.

Minerales: Energía excedente por kg mineral, como resultado del descenso de las clases de minerales. El alcance geográfico es global.

Combustibles fósiles: Energía excedente para extraer MJ, kg o m³ de combustible fósil, como resultado de la menor calidad de los recursos. El alcance geográfico es global.

Las anteriores categorías de impacto se agrupan en tres categorías de daño, aplicando los correspondientes factores de caracterización de daños. El propósito de esta agrupación es combinar las categorías de impacto que tienen la misma unidad del indicador en categorías de daño y así simplificar la interpretación posterior al reducir el número de categorías de impacto. Los resultados de las categorías de impacto se agrupan en los siguientes tipos de daños (Tabla 2.2).

- **Daños a la Salud Humana:** Se expresa como la suma del número de años de vida perdidos y el número de años vividos incapacitado (DALY). En la categoría de daño se incluyen las siguientes categorías de impacto: Cancerígenos, orgánicos respirados, inorgánicos respirados, cambio climático, radiación y capa de ozono.

- **Daños a la calidad del Ecosistema:** Se expresa como la pérdida de especies en un área concreta, durante cierto tiempo (PDF m² año). Se incluyen las siguientes categorías de impacto: ecotoxicidad, acidificación-eutrofización y uso del terreno.
- **Daños a los Recursos:** Se expresa como la energía necesaria (MJ) para futuras extracciones de minerales y combustibles fósiles. La humanidad siempre extraerá primero los mejores recursos, dejando los recursos de más baja calidad para futuras extracciones. Este daño será experimentado por las generaciones futuras, que tendrán que usar mayores esfuerzos para extraer los recursos que quedan. Este esfuerzo extra es expresado como energía excedente. Se incluyen las siguientes categorías de impacto: minerales y combustibles fósiles.

Tabla 2.2. Factores de caracterización de daños para la perspectiva H

Categoría de daño: Salud Humana (DALY)	
Sustancias Canserígenas (DALY)	1
Orgánicos Respirados(DALY)	1
Inorgánicos Respirados(DALY)	1
Cambio Climático(DALY)	1
Radiación(DALY)	1
Capa de Ozono(DALY)	1
Categoría de daño: Calidad del Ecosistema (PDF m² año)	
Ecotoxicidad (PAF m ² año)	0,1
Acidificación-eutrofización(PDF m ² año)	1
Uso del terreno (PDF m ² año)	1
Categoría de daño: Recursos (MJ excedentes)	
Combustibles fósiles	1
Minerales	1

FUENTE: El Analisis de Ciclo de Vida como herramienta de gestión empresarial. *Aranda Usón, 2006.*

En este método, los factores de normalización (Tabla 2.3) multiplican a los resultados de caracterización y muestran el orden de magnitud de los problemas ambientales generados comparados con las cargas totales ambientales en

Europa.

Tabla 2.3. Factores de normalización para la perspectiva H

Categoría de daño: Salud Humana	65,1
Categoría de daño: Calidad del Ecosistema	$1,95 \times 10^{-4}$
Categoría de daño: Recursos	$1,19 \times 10^{-4}$

FUENTE: El Analisis de Ciclo de Vida como herramienta de gestión empresarial. *Aranda Usón, 2006.*

Los factores de ponderación (Tabla 2.4) de este método multiplican a los resultados de la normalización para posteriormente obtener una puntuación total para el sistema analizado.

Tabla 2.4. Factores de ponderación para la perspectiva H

Categoría de daño: Salud Humana (DALY)	400
Categoría de daño: Calidad del Ecosistema (PDF m ² año)	400
Categoría de daño: Recursos (MJ excedentes)	200

FUENTE: El Analisis de Ciclo de Vida como herramienta de gestión empresarial. *Aranda Usón, 2006.*

2.6.3. ECOPUNTOS '97

Este método es la actualización de un método de 1990 elaborado por el Ministerio Suizo de Medio Ambiente, en consonancia con las políticas medioambientales establecidas en este país.

Incluye un buen número de categorías de impacto, entre las que cabe destacar los niveles de NO_x, SO_x, CO₂, Pb, Cd, Zn y Hg en el aire, los niveles de Cr, Zn, Cu, Cd, Hg, Pb y Ni en el agua, pesticidas, residuos, etc.

2.6.4. EPS 2000

Este método considera las estrategias medioambientales prioritarias en el diseño de productos, evaluando la restauración del daño ambiental de los productos desde un punto de vista económico. Por ello, resulta un método especialmente indicado como herramienta para el proceso de desarrollo de un producto en una empresa.

Las numerosas categorías de impacto consideradas se agrupan en cuatro categorías de daño:

- Salud Humana, que incluye la esperanza de vida, enfermedades, etc.
- Capacidad de regeneración del ecosistema, que incluye la capacidad de crecimiento de la masa forestal, la acidificación de los suelos, etc.
- Stock de recursos, que incluye el agotamiento de reservas.
- Biodiversidad, que incluye la extinción de especies.

CAPÍTULO 3

APLICACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE CICLO DE VIDA DEL PROYECTO DE SUSTITUCIÓN DE REFRIGERADORAS INEFICIENTES.

3.1. Definición de objetivos y ámbitos de aplicación

3.1.1. Objetivo

Cuantificar el impacto energético y ambiental en los materiales, producción, Transporte, uso y disposición final de las 330000 refrigeradoras con clasificación A de eficiencia energética mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida.

3.1.2. Alcance

El presente proyecto servirá de estudio complementario al Proyecto de Sustitución de Refrigeradoras Ineficientes. A continuación, se muestra el trabajo ya realizado y los aportes que ofrecerá el estudio.

Proyecto realizado por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable.

- Diagnóstico del Problema.- las refrigeradoras que se encuentran operando son ineficientes y tienen gases refrigerantes nocivos para el medioambiente.
- Línea base.- se tomó en cuenta el consumo y la potencia total instalada efectiva en el Ecuador (Año 2010)
- Estudio de viabilidad técnica del proyecto, donde se cuantifican los ahorros potenciales tanto en consumo, como en diferimiento de potencia.
- Estudio de viabilidad económico/financiera.- Obtención de indicadores financieros y económicos.
- Procedimientos para su ejecución.- Diseño de los procesos de ejecución, tanto administrativos como operativos.

Proyecto a ser desarrollado.

- Análisis del Impacto de Ciclo de Vida en el ensamblado y distribución de las 330000 refrigeradoras según la metodología y proceso diseñado en el Proyecto, esto incluye:
 - Ensamblado y empaçado de las nuevas refrigeradoras.
 - El transporte tanto de la nueva refrigeradora a los centros de distribución como el de la ineficiente a los gestores ambientales.
 - El Proceso de Disposición final de las refrigeradoras ineficientes, el cual incluye la chatarrización y recuperación de los gases refrigerantes.
 - La vida útil del nuevo producto.
 - La Disposición final de la refrigeradora después de su tiempo de vida útil.

Todo lo anterior tomando en cuenta los flujos de materiales y energía desde y hacia el medio ambiente, siendo estos los insumos materiales y los desechos emitidos al aire, agua, suelo, etc, propio de un Análisis de Impacto de Ciclo de Vida.

3.1.2.1. Función del sistema

La función del proyecto es sustituir 330.000 refrigeradoras ineficientes a nivel nacional. No se valorará cuestiones subjetivas como la estética o calidad de servicio (siempre y cuando no tenga que ver con el consumo de más materiales y/o energía).

3.1.2.2. Unidad funcional

La unidad funcional para el proyecto es: “330.000 refrigeradoras a nivel nacional”.

3.1.2.3. Sistema

El sistema se ha dividido en cinco grandes subsistemas acordes con los procesos cronológicos en los que se divide la ejecución del proyecto. Estos son:

- Proceso de Fabricación/Ensamblaje de las refrigeradoras
- Transporte a los centros de acopio en las distintas áreas de concesión de las Empresas Eléctricas del país.
- Chatarrización de las refrigeradoras ineficientes
- Uso efectivo (10 años de vida útil).
- Disposición final de las refrigeradoras ineficientes.

En cada uno de ellos entran a formar parte distintos materiales y energía que se verán con más detalle en el Análisis de Inventario.

3.1.2.4. Límites del sistema

Se considera el campo de acción del proyecto como se lo ilustra en la Figura 3.1. Queda excluido el proceso de extracción de las materias primas para la producción de partes y piezas importadas mas no para las materias primas usadas en la fabricación. Para todos los demás procesos se considerarán los flujos de materiales y energía.

Además, para todos los procesos se considerarán las siguientes reglas de corte:

- Componentes de peso menor al 2% del peso final total del producto, exceptuando el gas refrigerante.
- No se considerarán etapas que contribuyan con menos del 2% al análisis de inventario o relevancia ambiental.

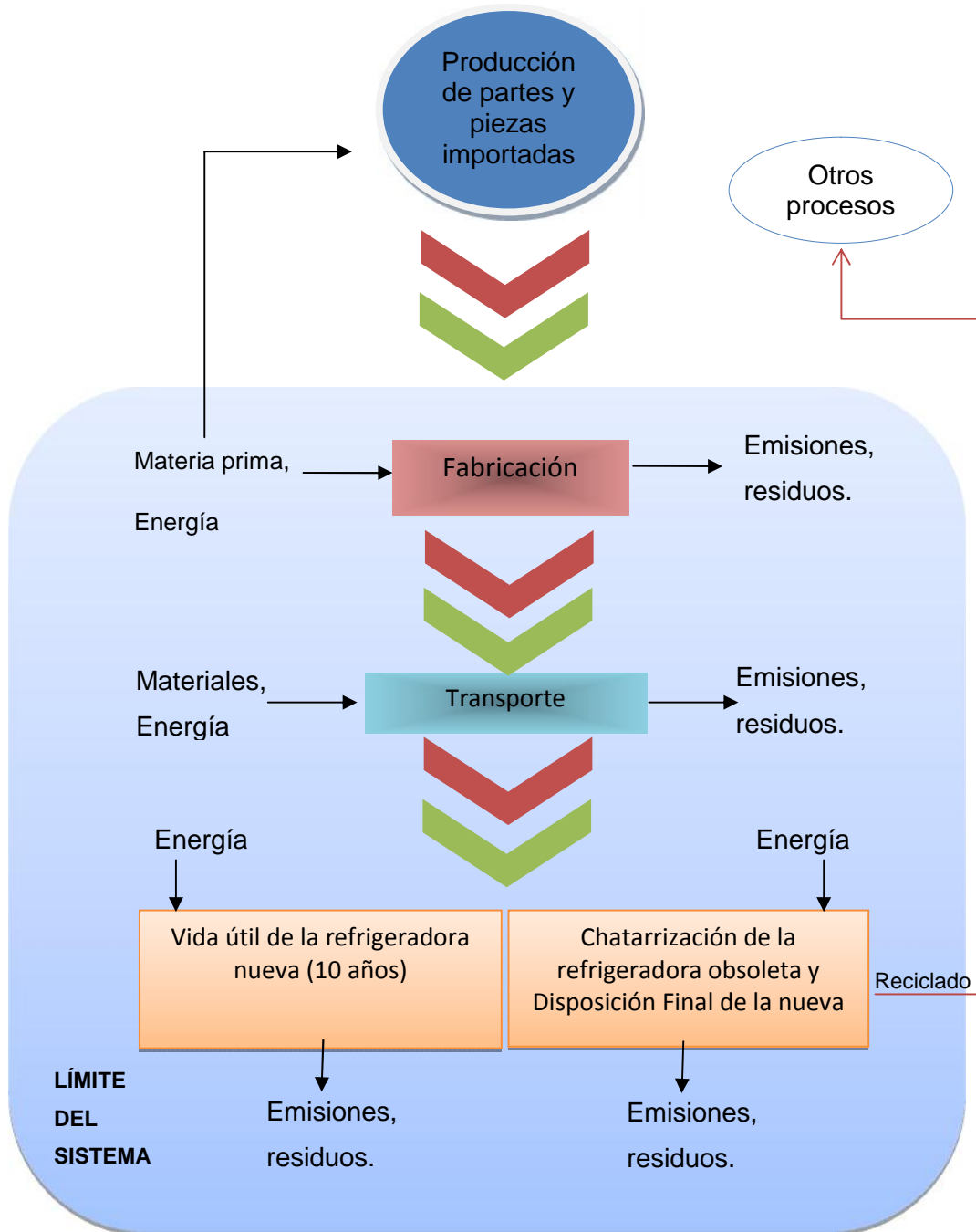


Figura 3.1. Límite del Sistema

3.1.2.5. Metodología de evaluación de impacto

Para el sistema a estudiar se emplean como datos de inventario aquellos que provienen del software de PRé Consultants SimaPro versión 5.1. Las bases de datos empleadas son variadas destacando entre ellas BUWAL 250, ETH-ESU 96, IDEMAT 2001 e Industry Data. Las asignaciones de carga corresponden a las del método de evaluación de impactos Ecoindicador '99.

Como se explicó en el Capítulo 2, estas bases de datos corresponden a estudios europeos y norteamericanos y se los aplica a nivel global, incluyendo a América Latina.

3.1.2.6. Requisitos de calidad de los datos.

Este es el primer estudio de Análisis de Ciclo de Vida para un proyecto de alcance nacional como lo es la sustitución de refrigeradoras ineficiente. Los datos se basan en mediciones e información disponible por los fabricantes y gestores ambientales.

El software posee numerosas bases de datos para realizar el análisis, son datos con excelente reputación y han sido usadas por un sin número de estudios a nivel mundial; en el ámbito geográfico, se considerarán datos de referencia global; en el ámbito temporal, se aceptarán datos de hasta 10 años atrás; y en el ámbito tecnológico, se referirá a un nivel medio.

Todos los datos referidos de las bases de datos se considerarán como verdaderos y aplicables para nuestro caso.

3.1.2.7. Hipótesis y limitaciones

El flujo de trabajo planteado para el estudio se muestra en la Figura 3.3, y se han considerado las siguientes hipótesis generales:

- Para identificar las entradas y las salidas de cada uno de los componentes del análisis del inventario, se han realizado hipótesis necesarias, que en cada apartado se irán detallando para la justificación del resultado.

- La principal limitación es la accesibilidad de la información de los procesos que se manejan para el ensamblado y empaqueo de las refrigeradoras.

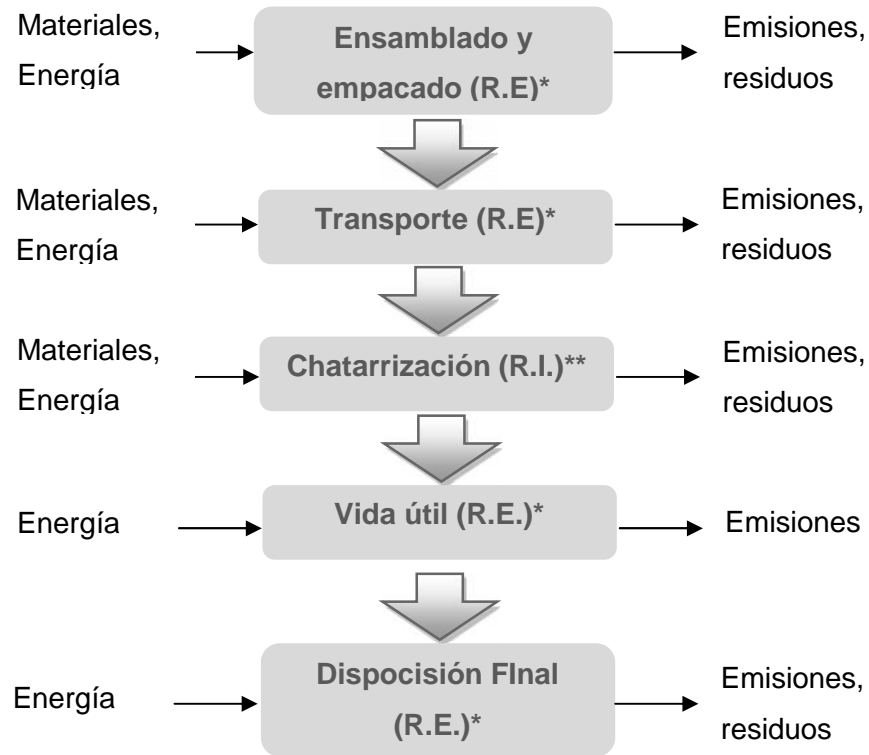


Figura 3.2. Flujo de Trabajo.

*R.E: Refrigeradora Eficiente

**R.I.: Refrigeradora Ineficiente.

Energía Eléctrica en Ecuador

Para modelar la situación más cercana a la realidad, se ingresó en la base de datos del software SimaPro 5.0 el mix de generación ecuatoriano (Figura 3.5), que según el Boletín informativo del CENACE para el año 2011, la estructura de generación bruta del Sistema Eléctrico Ecuatoriano se muestra en la Tabla 3.1 y la generación térmica se desglosa en la Figura 3.4.

Tabla 3.1. Estructura de Generación bruta

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
GENERACIÓN HIDRÁULICA	795,04	785,10	658,89	928,76	1 134,17	1 120,04	1 199,43	922,36	1 004,11	805,30	651,22	997,77	11 002,20
GENERACIÓN TÉRMICA	576,67	527,78	708,31	544,15	442,06	409,76	325,65	561,70	421,15	602,04	664,84	504,17	6 286,27
GENERACIÓN NO CONVENCIONAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	6,69	22,63	27,64	26,40	25,31	25,22	13,36	147,27
IMPORTACIÓN COLOMBIA	175,90	126,24	257,21	97,89	51,22	19,75	13,44	29,32	77,27	122,77	186,61	132,97	1 294,59
TOTAL	1 551,60	1 439,13	1 624,41	1 570,80	1 627,45	1 556,24	1 561,15	1 541,02	1 528,93	1 555,42	1 527,89	1 548,27	18 732,33

FUENTE: Centro Nacional de Control de Energía. Boletín Anual 2011.

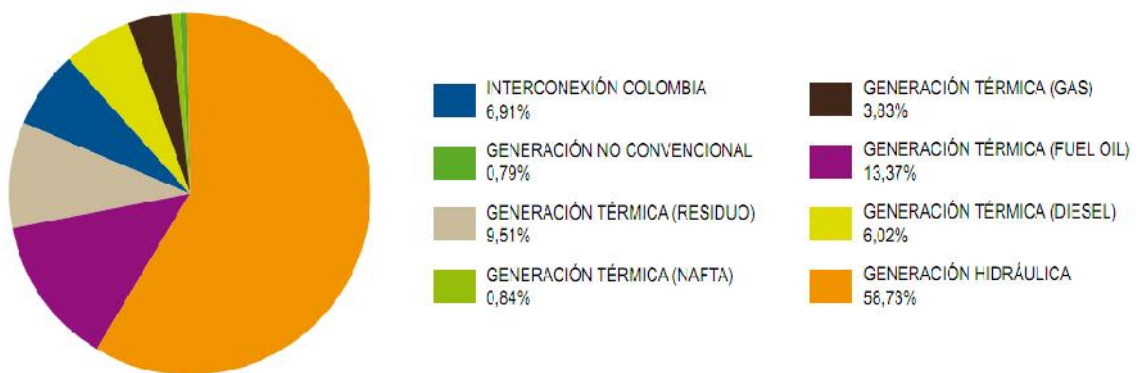


Figura 3.4. Estructura de Generación Bruta 2011¹¹

FUENTE: Centro Nacional de Control de Energía. Boletín Anual 2011.

Ingresando esta información al software, el mix energético del país se muestra de la siguiente manera:

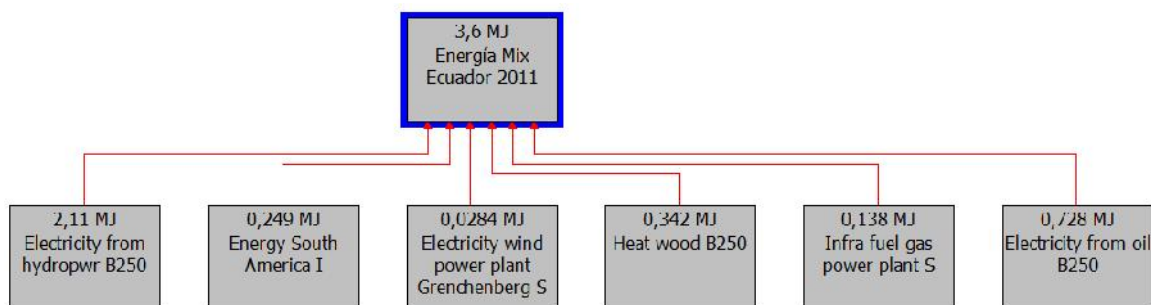


Figura 3.5. Red del Mix Energético Ecuatoriano 2011.

¹¹ La generación no convencional corresponde a generación eólica principalmente

3.2. Análisis del inventario de ciclo de vida: Fabricación, Transporte, Chatarrización, Vida útil y Disposición final.

El análisis se ha dividido en cinco partes bien diferenciadas (Figura 3.6):

Fabricación (R.E): Donde incluye los procesos de ensamblaje y empaqueo de las nuevas refrigeradoras.

Transporte (R.E): Se considerará el transporte de las refrigeradoras eficientes hasta los centros de acopio de cada área de concesión, considerando el uso de camiones de 16 toneladas de capacidad y con una ocupación del 40% debido a que las refrigeradoras con una carga voluminosa, así mismo se considera el viaje de regreso con cero carga.

Chatarrización (R.I.): Donde incluirá el proceso de recuperación de gases refrigerantes además del proceso de chatarrización de los diferentes materiales.

Vida útil (R.E.): Se considerará el consumo eléctrico de las nuevas refrigeradoras a lo largo de los 10 años de su vida útil.

Disposición Final (R.E.): Después de los 10 años, las refrigeradoras eficientes se convertirán en obsoletas, las cuales deberán ser tratadas adecuadamente, para esto, se tomará en cuenta los mismos procesos de chatarrización del punto anterior, pero con los materiales y componentes de la refrigeradora eficiente.

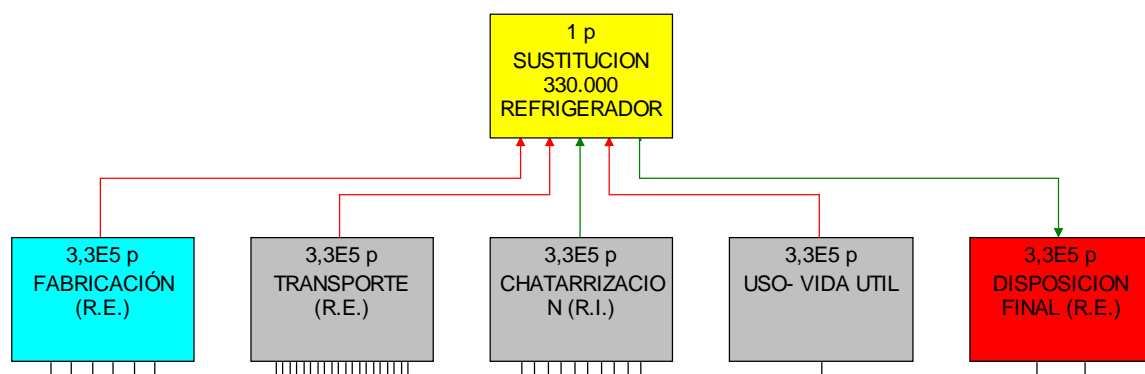


Figura 3.6. Análisis de inventario

3.2.1. Fabricación

La fabricación de las refrigeradoras eficientes a ser distribuidas por el proyecto serán manufacturadas en una empresa nacional que por motivos de confidencialidad no se la nombrará.

Para realizar el análisis del consumo de materiales y energía en la fábrica se realizó una visita técnica para inventariar la información necesaria e ingresarla al software para la modelación respectiva del proceso.

Para la cuantificación del consumo eléctrico de cada proceso de fabricación se realizó mediciones del amperaje de las líneas eléctricas para calcular su consumo debido a que la planta no posee información de la potencia instalada.

Para este análisis, el flujo de materiales y energía se lo realizará por unidad de refrigeradora producida para posteriormente extrapolar a las 330.000 unidades en el ACV.

El proceso de fabricación se divide en 5 macro procesos mismos que están definidos de la siguiente manera:

- Fabricado
- Pre-tratamiento químico y Pintura
- Inyección de plásticos y Pre-ensamble
- Inyectado del aislante
- Ensamble
- Empacado

A continuación se muestra la información proporcionada por parte de la fábrica para realizar la cuantificación del consumo de materiales y energía de cada proceso.

3.2.1.1. Fabricado

Este proceso se lo realiza en la Planta 5 donde se corta y se dobla la chapa metálica de todas las partes y piezas excepto del gabinete, el cual se lo troquela y dobla en la Planta 3.

En la siguiente tabla se listan las partes metálicas que se requieren junto con el material necesario para cada una de ellas.

Tabla 3.2. Especificaciones de partes metálicas

Denominación	Cant.	Especificación			Dim. Parte (mm)			Cantidad (kg)	Dim. de Corte (mm)		
Cuerpo Gabinete	1	CRS	0,5	x 650	3612	x 638	9,215	3612	x 650		
Puerta Doblada Refr.	1	High Gloss	0,5	x 770	1010	x 642	3,052	1010	x 770		
Puerta Doblada Cong.	1	High Gloss	0,5	x 770	434	x 642	1,312	434	x 770		
Espaldar Gabinete	1	CRS	0,5	x 1220	1341	x 562	3,211	1341	x 1220		
Base Motor	1	Galv.	1,3	x 1220	534	x 194	1,108	534	x 1220		

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

Los desperdicios generados en este proceso resultan de la diferencia de la dimensión de corte con la dimensión de la pieza, en el caso del espaldar del gabinete, se obtienen 2 piezas y en el caso de la base del motor 6 piezas.

Las densidades respectivas en de los materiales son¹²:

- CRS (Acero rolado en frío): 7997,55 kg/m³
- High Gloss (Acero prepintado): 9413,65 kg/m³
- Galvanizado: 8227,23 kg/m³

Los desperdicios generados (Figura 3.7) para cada pieza se muestran en la siguiente tabla, donde se concluye que existe un total de 1,371 kg de desperdicios ferrosos, mismos que se destinan al reciclaje.

¹² Datos Calculados en función de la Tabla 3.2.

Tabla 3.3. Desperdicios metálicos

Denominación	Especificación	Desperdicio (kg)
Cuerpo Gabinete	CRS	0,173
Puerta Doblada Refr.	High Gloss	0,608
Puerta Doblada Cong.	High Gloss	0,262
Espaldar Gabinete	CRS	0,274
Base Motor	Galv.	0,053

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.



Figura 3.7. Desechos Metálicos

Para la fabricación de dichas piezas, se requiere de máquinas herramientas para su transformación, mismas que requieren de electricidad para su funcionamiento.

La planta industrial no disponía información acerca de la potencia instalada en cada máquina, por lo que se procedió a realizar mediciones de amperaje y realizar el cálculo respectivo del consumo para cada máquina. Todas las máquinas de la línea de fabricación de las refrigeradoras del proyecto trabajan con una tensión de 440 voltios.

Para realizar el cálculo de la potencia de cada máquina se usó la siguiente ecuación.

$$P = \sqrt{3} \cdot E \cdot I \cdot \cos\phi \quad (3.1)$$

Donde: **P** es la potencia total aparente trifásica (W); **E** es la tensión a la que trabaja la máquina (V); **I** es la intensidad de corriente en la línea (A); **Cos ϕ** es el factor de potencia de la carga trifásica.¹³

En la Tabla 3.4 se resumen las potencias de las máquinas que intervienen en el proceso, las mediciones se las realizó con carga y sin carga de trabajo (Stand By) en cada máquina.

Tabla 3.4. Potencia aparente de las máquinas del proceso de fabricado.

Máquina	Tipo	Amp. En Stand By (A)	Amp. En carga (A)	Tensión (V)	Potencia aparente en Carga (kW)	Potencia aparente en Stand By (W)
Dahlstrom	Refiladora	4,00	18,50	440	13816,51	2983,90
Wisong #1	Cizalla	3,60	6,30	440	4705,08	2685,51
Wisong #3	Cizalla	3,10	12,00	440	8962,06	2312,53
Strippit	Punzonadora	4,00	8,60	440	6422,81	2983,90
Chicago #1	Dobladora	4,90	15,00	440	11202,58	3655,28
Troqueladora	Troqueladora	4,10	9,50	440	7094,96	3058,50
Roladora	Roladora	3,80	7,10	440	5302,55	2834,71
Dobladora Gab.	Dobladora	2,20	5,20	440	3883,56	1641,15

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

Las piezas de la Tabla 3.2 pasan por diferentes máquinas para su forma final y el consumo energético para cada una de ellas se resume en la Tabla 3.5 con la siguiente ecuación:

$$C = P * t \quad (3.2)$$

Donde: **C** es el consumo (kWh); **P** es la potencia (kW); **t** es el tiempo (h).

El tiempo se lo tomó de la experiencia de cada operador en cada etapa, dando un total de consumo energético de 1369,9 Wh en el proceso de fabricado.

¹³ El factor de Potencia promedio de la Planta es de 0,98. Tomado de la Empresa Eléctrica Quito.

Tabla 3.5. Consumos energéticos por pieza

Parte	Máquina	Tiempo Stand By (s)	Tiempo carga (s)	Consumo Stand By (Wh)	Consumo carga (Wh)	TOTAL Consumo (Wh)
Cuerpo Gabinete	Dahlstrom	30,0	5,0	24,9	19,2	44,1
	Troqueladora	40,0	20,0	33,9	39,4	73,4
	Roladora	50,0	45,0	39,4	66,3	105,7
	Dobladora G.	120,0	60,0	54,7	64,7	119,4
Puerta Doblada Refr.	Dahlstrom	30,0	5,0	24,9	19,2	44,1
	Wisong #3	25,0	7,0	16,0	17,4	33,5
	Stripitt	45,0	40,0	37,3	71,4	108,7
	Chicago #1	25,0	15,0	25,4	46,7	72,1
Puerta Doblada Cong.	Dahlstrom	30,0	6,0	24,9	23,0	47,9
	Wisong #3	25,0	7,0	16,1	17,4	33,5
	Stripitt	45,0	40,0	37,3	71,4	108,7
	Chicago #1	25,0	15,0	25,4	46,7	72,1
Espaldar Gabinete	Dahlstrom	30,0	5,0	24,9	19,2	44,1
	Wisong #3	25,0	7,0	16,1	17,4	33,5
	Stripitt	45,0	90,0	37,3	160,6	197,9
	Chicago #1	25,0	20,0	25,4	62,2	87,6
Base Motor	Dahlstrom	30,0	5,0	24,9	19,2	44,1
	Wisong #1	25,0	7,0	18,6	9,1	27,8
	Chicago #1	25,0	15,0	25,4	46,7	72,1
					TOTAL	1369,9

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

Ingresando toda esta información en el software, se modela el proceso como la Figura 3.8.

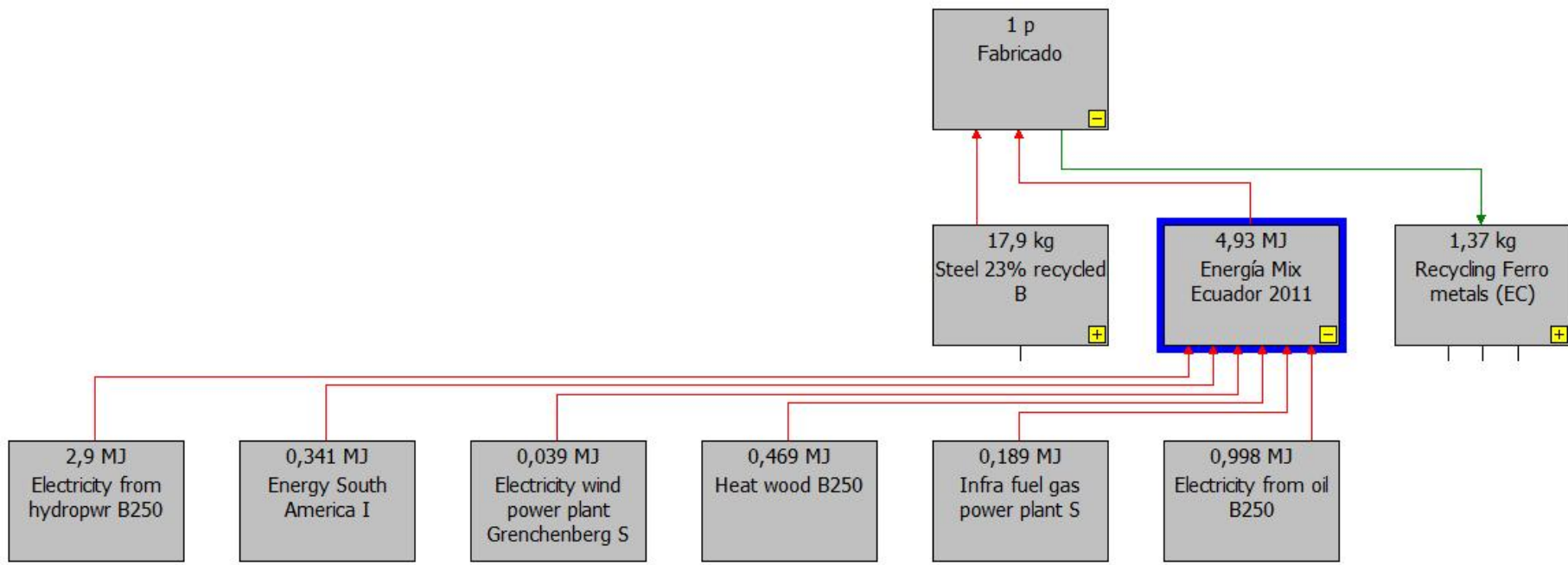


Figura 3.8. Proceso de Fabricado

Cabe indicar que los desechos ferrosos se reciclan por lo que en la Figura 3.8 se muestra el flujo en sentido de salida y de color verde.

3.2.1.2. Pre-tratamiento químico y pintura

El proceso de Pre-tratamiento químico y pintura se lo realiza en una línea continua donde todas las piezas se las engancha a una cadena aérea para su transporte, esto se lo realiza en la Planta 3 y consta de los procesos de desengrase, Acondicionado, fosfatizado, dos enjagües, secado, pintado y finalmente pasa por el horno (Figura 3.9). Para el análisis y considerando la regla de corte, únicamente se considerará la pintura del gabinete y del espaldar de gabinete; las puertas no entran al proceso ya que son fabricadas en material pre-pintado.

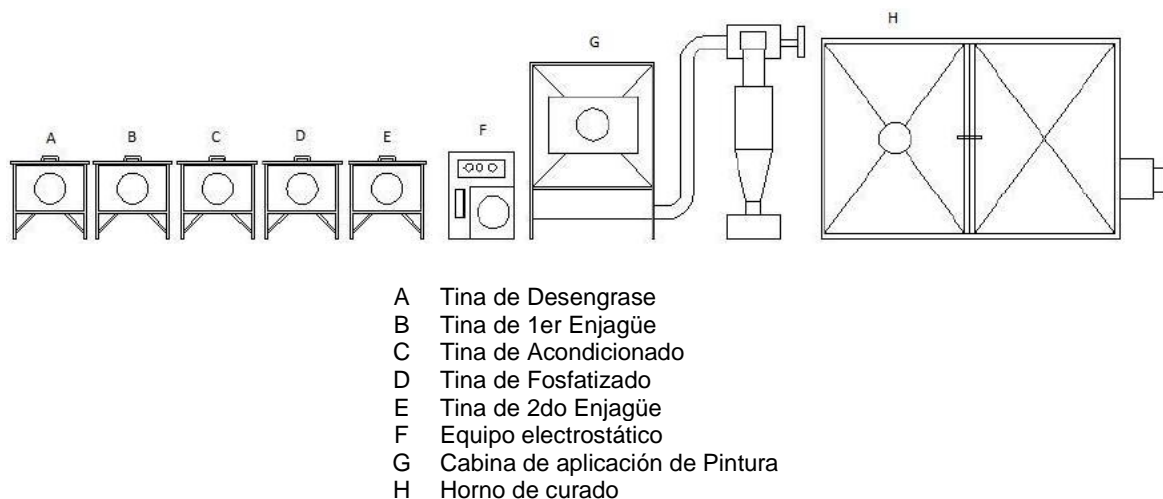


Figura 3.9. Esquema general del proceso de Pre-Tratamiento Químico y Pintura.

– Desengrase

El desengrase es el inicio de la línea (Figura 3.10) donde se utiliza una suspensión alcalina para la remoción de sólidos y preparación de metales, se compone de hidróxido de sodio (soda cáustica) y es muy económico donde la limpieza por saponificación es deseable. El proceso de desengrase del gabinete y del espaldar gabinete se lo realiza en la primera tina mediante aspersores denominados Over Spray y con agua a 70°C.



Figura 3.10. Inicio del Proceso de Pre-tratamiento químico y pintura.

– Acondicionado

La función de esta tina es el de preparar el metal para recibir el recubrimiento de fosfato de cinc. Se utilizan suspensiones suaves de sales de titanio activas que se adhieren al metal los cuales mejorarán la receptividad de los cristales de cinc en la superficie, la aplicación se al realiza por aspersion.

– Fosfatizado

El fosfato de zinc es el recubrimiento de conversión preferido utilizado por la industria automotriz y de refrigeración ya que tiene una resistencia superior a la corrosión. Esta tina crea un recubrimiento no cristalino en toda la superficie de las piezas y su aplicación se la realiza de la misma manera por aspersion.

– Primer y Segundo Enjagüe

En estas dos tinas se realiza un baño únicamente con agua para eliminar los residuos tanto del proceso de desengrase como al final del proceso de tratamiento superficial.

– Secado

Una vez realizado el pre-tratamiento químico, las piezas ingresan a un secado (Figura 3.11) por aire el cual es calentado por un quemador de Gas Licuado de Petróleo y así eliminar toda el agua residual e ingresar a la cabina de pintado.



Figura 3.11. Secador.

– Pintado

En este proceso se realiza un pintado electrostático, el cual utiliza pintura en polvo que mediante una pistola que imparte una carga electrostática positiva, adhiere la pintura a la pieza que se encuentra a tierra. Además, la cabina posee un sistema de recuperación de pintura y se tiene por datos del proveedor que el porcentaje de desperdicio de pintura es del 5% únicamente.

– Curado

Finalmente, la pintura adherida a las piezas debe ser secada a altas temperaturas para evitar grietas y otros defectos que se pueden presentar, el horno de curado de convección forzada usa un quemador de gas licuado de petróleo y un ventilador para circular el aire.

Con la descripción de los procesos del Pre-tratamiento químico y pintado, en la Tabla 3.6 se resumen los insumos utilizados por proceso para el tratamiento del Gabinete y del Espaldar Gabinete que son las piezas representativas del proceso, las demás no se consideran por la regla de corte descrita anteriormente.

Superficie a ser tratada:

- Gabinete: 3,66 m²
- Espaldar: 1,32m²

Tabla 3.6. Insumos materiales para proceso de Pre-tratamiento químico y pintado¹⁴

Proceso	Insumos materiales	Superficie (m ²)	Rendimiento (g/m ²)	Cantidad Total	Und.
Desengrasado	ADITIVO 100	4,98	32,00	159,36	g
	AGUA	4,98	-	4,50	l
Acondicionado	PREFOS JP 100	4,98	2,00	9,96	g
	AGUA	4,98	-	4,50	l
Fosfatizado	ACTIBOND	4,98	4,00	19,92	g
	BONDEX BR 100	4,98	15,00	74,70	g
	AGUA	4,98	-	4,00	l
1er Enjagüe	AGUA	4,98	-	5,00	l
2do Enjagüe	AGUA	4,98	-	5,00	l
Secado	-	-	-	-	-
Transporte	-	-	-	-	-
Horno	-	-	-	-	-
Pintado	Pintura en Polvo	4,98	20,00	99,60	g

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

En los procesos de tratamiento superficial, donde se encuentran las cinco tinajas, el agua usada para el proceso se recircula en su mayoría y en el proceso de pintado existe un recuperador de polvo de pintura para ser reutilizado en un 95%. Existen unas pequeñas pérdidas por evaporación, arrastre de material de una tina a otra, pérdidas en los aspersores y demás (Figura 3.12), mismas que se cuantifican en la siguiente tabla¹⁵.

¹⁴ Rendimiento sin considerar las pérdidas de material.

¹⁵ Datos proporcionados por el fabricante

Tabla 3.7. Pérdidas y desechos al agua en proceso de Pre-tratamiento químico y Pintado.

Proceso	Insumos materiales	Cantidad Desechos (g/m ²)	Superficie (m ²)	Cantidad Total	Und.
Desengrasado	ADITIVO 100	12,00	4,98	59,76	g
	AGUA	-	4,98	0,90	l
Acondicionado	PREFOS JP 100	0,50	4,98	2,49	g
	AGUA	-	4,98	0,90	l
Fosfatizado	ACTIBOND	1,00	4,98	4,98	g
	BONDEX BR 100	6,00	4,98	29,88	g
	AGUA	-	4,98	0,80	l
1er Enjagüe	AGUA	-	4,98	1,00	l
2do Enjagüe	AGUA	-	4,98	1,00	l
Secado	-	-	-	-	-
Transporte	-	-	-	-	-
Horno	-	-	-	-	-

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.



Figura 3.12. Residuos de proceso de Pre-tratamiento químico y pintura

En cuanto al consumo energético, las cinco tinas iniciales de tratamiento superficial se controlan desde un tablero secundario; el secado, el horno y la cadena de transporte desde un tablero principal y el pintado en un tablero por separado ya que es un proceso electrostático con aplicación de pintura en polvo, se realizó las respectivas mediciones de amperaje de cada tablero para cuantificar los consumos eléctricos. Asimismo, existe un consumo de Diesel y Gas Licuado de petróleo en el proceso de desengrase y en el horno de curado.

Los parámetros de consumo para los cálculos energéticos en el Proceso de pre-tratamiento químico y pintado son:

- Caldero LAMBDA de 150 BHP¹⁶: 20 gal/h Diesel para el calentamiento de agua en el proceso de desengrase.
- Quemador del Horno: 30 kg/h Gas Licuado de Petróleo para el proceso de curado.
- Velocidad de la cadena transportadora: 1,8 m/min
- Separación entre piezas 2,0 m

Para cálculo de la potencia se utilizó la ecuación (3.2) al igual que en la Tabla 3.5, y para cuantificar el consumo por cada pieza se usó la expresión:

$$\frac{\text{Consumo Eléctrico (kWh)}}{\text{pieza procesada}} = \frac{\text{Potencia (kW)} * \text{Separación entre piezas(m)}}{\text{Velocidad de la cadena transportadora } \left(\frac{\text{m}}{\text{h}}\right)} \quad (3.3)$$

Con los parámetros y la ecuación (3.3) se obtuvo la Tabla 3.8 que resume los consumos eléctricos:

¹⁶ Boiler Horse Power

Tabla 3.8. Consumo eléctrico en proceso de Pre-tratamiento Químico y Pintura.

Proceso	Equipo	Cant.	Amp. Carga (A)	Tensión (V)	Potencia en Carga (kW)	Consumo eléctrico (kWh)
Desengrase	Bomba centrífuga	1				
1er Enjagüe	Bomba centrífuga	1				
Acondicionado	Bomba centrífuga	1	19,5	440	14,563	0,270
Fosfatizado	Bomba centrífuga	1				
2do Enjagüe	Bomba centrífuga	1				
Secado	Blower	1				
Transporte	Cadena Trasp.	1	95,4	440	71,248	1,319
Horno	Blower	1				
Pintado	Sistema de pintado (Recirculador, Pistola de alto voltaje, Fluidizador)	1	19,9	440	14,862	0,275
TOTAL						1,864

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

De la tabla anterior, se tiene que existe un consumo eléctrico de 1,864 kWh por cada pieza procesada en esta etapa; por lo tanto, tomando en cuenta que se procesa el gabinete y el espaldar de gabinete, se tiene un consumo de 3,728 kWh por cada refrigeradora.

Por otro lado, se tienen los consumos de los otros energéticos en el caldero y en el Horno, usando la siguiente expresión se obtienen los valores de consumo por unidad de producción.

$$C = \frac{CoP * SP * PCI * A}{v} \quad (3.4)$$

Donde: **C** es el consumo energético por pieza (kWh); **CoP** es el consumo del proceso ($\frac{Kg}{h}$); **SP** es la separación entre piezas (m); **PCI** es el poder calórico

inferior¹⁷ del combustible $\left(\frac{KJ}{kg}\right)$; **A** es una constante para homologar unidades

$0,000278 \left(\frac{kWh}{kg}\right)$; **V** es la velocidad de la cadena transportadora $\left(\frac{m}{h}\right)$.

Para el caso del consumo de diesel en kWh, se utiliza una densidad de 730 kg/m³ para la transformación de los galones.

Tabla 3.9. Consumo energético de combustibles en proceso de Pre-tratamiento Químico y Pintura.

Proceso	Energético	Consumo	Und.	Densidad (kg/m ³)	Consumo (kg)	Poder Calórico Inf.(kJ/kg)	Energía (MJ)	Consumo (kWh)
Desengrase	Diesel	20	gal/h	730	1,023	42275	432,62	12,027
Horno	GLP	30	kg/h	-	0,556	46000	255,56	7,104
						Total	688,18	19,131

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

Del análisis, se obtiene un consumo total de diesel y GLP de 19,131 kWh para el proceso de Pre-tratamiento químico y pintura.

Ingresando toda esta información en el software, el proceso se modela como en la Figura 3.13.

¹⁷ No se considera el calor entregado por la condensación del agua en el proceso de combustión.

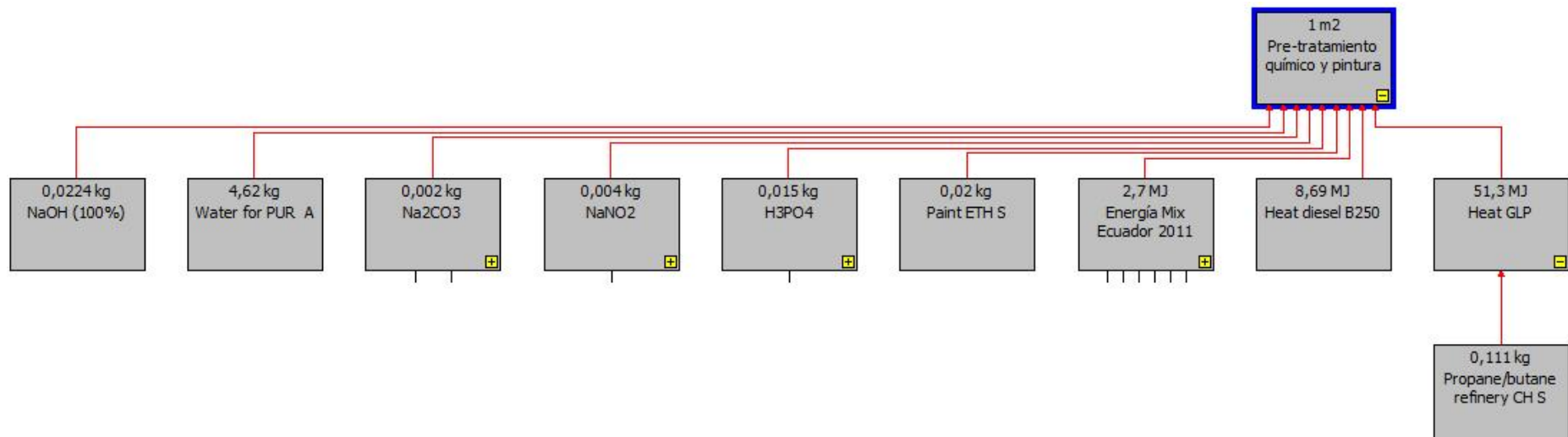


Figura 3.13. Pre-tratamiento químico y pintura.

3.2.1.3. Inyección de plásticos y pre-ensamble

Este punto de la fabricación se lo realiza en forma paralela al de fabricado, primeramente el material ABS es laminado en planchas plásticas en una inyectora de tornillo(Figura 3.14) las cuales pasan a su posterior termo formado en las extrusoras Brown 1 y 3 (Figura 3.15) donde se convierten tanto en el en el tanque del gabinete (Figura 3.16) con en la contrapuerta del congelador y refrigerador (Figura 3.17).



Figura 3.14. Pace Maker. Inyectora de tornillo



Figura 3.15. Brown 1, extrusora

El gabinete requiere de un proceso de troquelado previo al pre ensamblado, el cual se lo realiza en una máquina semiautomática hidráulica. Una vez listas las partes plásticas y metálicas, se pre-ensamblan manualmente, el gabinete, espaldar, puertas, tanque de gabinete y contrapuestas.



Figura 3.16. Tanque del gabinete



Figura 3.17. Contrapuestas

En este proceso se desprecia todo desecho ya que todo el plástico se reutiliza completamente en la inyectora de tornillo.

En todo el proceso, se utilizan 9,467 kg de plásticos de los cuales 8,1 son de ABS de alto impacto¹⁸ y el resto de Poliestireno Cristal para la inyección de las piezas internas de plástico transparente.

En cuanto a los consumos energéticos, en la siguiente tabla se listan las potencias y consumos de las máquinas en las que intervienen las piezas analizadas. Se toma en cuenta que las máquinas Brown 1 poseen 3 pasos de moldeo y la Brown 3, 2 pasos.

Tabla 3.10. Consumo eléctrico en el proceso de Inyección de plásticos y pre-ensamble.

Parte	Descripción	Máquina	Amp. (A)	Tensión (V)	Potencia (kW)	Tiempo (s)	Consumo (kWh)
Tanque del Gabinete	Lámina 2120 x 1060	Pace Maker	132,5	440	98,956	215	5,910
	Termoformado	Brown 1	107	440	79,912	55	1,221
Gabinete	Troquel	Troquelador	39	440	29,127	45	0,364
	Cizalla	Wieger	51	440	38,089	15	0,159
Contra - puertas	Lámina 2120 x 1060	Pace Maker	132,5	440	98,956	215	5,910
	Termoformado	Brown 3	107	440	79,912	40	0,888
	Cizalla	Wieger	51	440	38,089	15	0,159
						TOTAL	14,610

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

Además, existen las piezas plásticas internas de la refrigeradora que se realizan con material plástico transparente denominado poliestireno cristal GPPS y otras piezas pequeñas con el mismo ABS; éstas se fabrican en inyectoras de tornillo como se muestra en la siguiente tabla:

¹⁸ Nombre comercial: ABS RS800-06529

Tabla 3.11. Material y consumo de la inyección de piezas interiores.

Descripción	Cant.	Material	Equipo	Amp. (A)	Tensión (V)	Potencia (kW)	Tiempo (s)	Consumo (KWh)
Balcon congelador	1	Poliestireno cristal GPPS	HAITIAN 530	42,00	440	31,367	60	0,523
Balcon grande refrigerador	1	Poliestireno cristal GPPS	HAITIAN 530	42,00	440	31,367	55	0,479
Balcon medio refrigerador	1	Poliestireno cristal GPPS	HAITIAN 530	42,00	440	31,367	40	0,349
Balcon pequeño congelador	2	Poliestireno cristal GPPS	HAITIAN 530	42,00	440	31,367	35	0,305
Balcon pequeño refrigerador	3	Poliestireno cristal GPPS	HAITIAN 530	42,00	440	31,367	35	0,305
Bandeja drenaje compresor	1	Poliestireno cristal GPPS	HAITIAN 530	42,00	440	31,367	50	0,436
Bisagra superior	1	Poliestireno cristal GPPS	HAITIAN 360	32,50	440	24,272	10	0,067
Cubeta huevos (para 6 huevos)	1	Poliestireno cristal GPPS	HAITIAN 360	32,50	440	24,272	55	0,371
Cabezal inferior con manija (c)	1	ABS RS800-06529	MONZA	39,50	440	29,500	60	0,492
Cabezal inferior sin manija (r)	1	ABS RS800-06529	MONZA	39,50	440	29,500	60	0,492
Cabezal superior con manija (r)	1	ABS RS800-06529	MONZA	39,50	440	29,500	60	0,492
Cabezal superior sin manija (c)	1	ABS RS800-06529	MONZA	39,50	440	29,500	60	0,492
TOTAL								4,801

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

Con la Tabla 3.11 y la Tabla 3.10, se tiene un consumo eléctrico de 19,411 kWh en el proceso de Inyección de plásticos y pre-ensamble.

Ingresando toda esta información en el software, se modela de la siguiente manera:

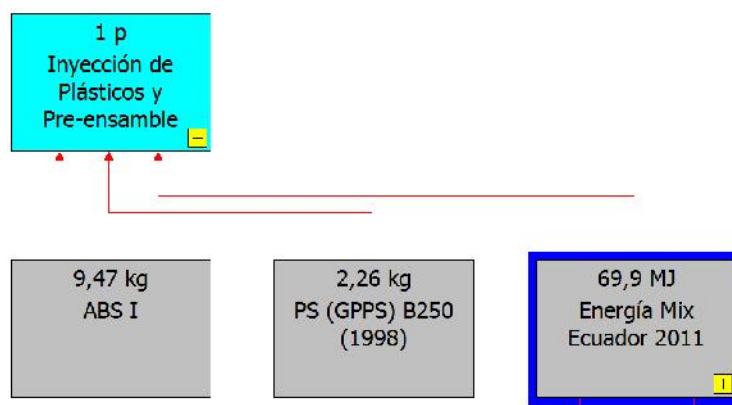


Figura 3.18. Inyección de plásticos y pre-ensamble.

3.2.1.4. Inyectado del aislante

Terminado el proceso de pre-ensamble, el gabinete y las puertas se encuentran listas para entrar en el proceso de inyección del aislante, el proceso se lo realiza en un equipo automático el cual inyecta el compuesto químico.

La cantidad total por refrigeradora y tipos de químicos son:

Tabla 3.12. Materiales de aislamiento

Material	Cantidad (kg)
ISOCIANATO ¹⁹	3,64
POLIOL ²⁰	3,37

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

La mezcla líquida se transforma en una especie de espuma sólida después de 5 minutos de su inyectado, éste aislante es uno de los principales avances tecnológicos para conseguir consumos eléctricos bajos en comparación con los equipos de refrigeración antiguos que usaban fibra de vidrio como aislante.

La cuantificación del consumo eléctrico de la inyectora (Figura 3.19) en la cual se realiza el proceso, se muestra en la siguiente tabla:

¹⁹ Nombre comercial: LUPRANATE N20

²⁰ Nombre comercial: ELASTOPOL 503-A

Tabla 3.13. Consumo eléctrico en proceso de Inyección del aislante

Parte	Maq.	Amp. Carga (A)	Amp. Stand By(A)	Tensión (V)	Potencia carga (kW)	Potencia Stand By (kW)	Tiempo carga (s)	Tiempo Stand By (s)	Consumo total (kWh)
Gab.	Inyector	46,50	7,80	440	34,728	5,825	6,5	360,0	0,645
Puerta Refr.	Inyector	46,50	7,80	440	34,728	5,825	5,0	120,0	0,242
Puerta Cong.	Inyector	46,50	7,80	440	34,728	5,825	3,5	100,0	0,196
Total									1,083

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.



Figura 3.19. Inyectora de Aislante

En este proceso no existe ninguna clase de desperdicio del compuesto químico inyectado en las piezas, la cantidad exacta es suministrada automáticamente por el equipo de inyección.

Ingresando toda esta información en el software, se modela de la siguiente manera:

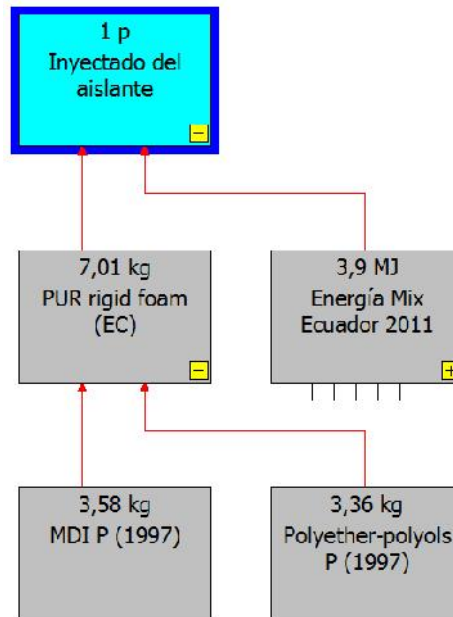


Figura 3.20. Proceso de Inyección del Aislante

3.2.1.5. Ensamble

El proceso de ensamble constituye un sistema continuo con una banda transportadora única (Figura 3.21) en la cual se colocan todas las piezas propias de la refrigeración, el compresor, evaporador, condensador y cableado eléctrico, además de las puertas y accesorios interiores.



Figura 3.21. Banda Transportadora del proceso de ensamble.

Una gran cantidad de piezas para este proceso lo proveen agentes externos; a continuación se muestra los principales materiales ya que por políticas de la empresa, la información no es de dominio público.

Tabla 3.14. Material de las piezas importadas que se montan en el Ensamble.²¹

Descripción	Cantidad (kg)
Aluminio	1,80
Cobre	1,50
Acero	15,00
Polipropileno	2,10
REFRIGERANTE R-134a ²²	0,13
Caucho	1,50

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

En la banda transportadora continua, se realiza la soldadura de las cañerías además de un control de calidad con bombas de vacío para comprobar la hermeticidad de las mismas y realizar la carga del refrigerante. En estos procesos se consume energía que se describe a continuación:

Tabla 3.15. Consumo eléctrico de los equipos en el proceso de Ensamble.

Descripción	Amperaje (A)	Tensión (V)	Potencia (kW)	Tiempo (s)	Consumo (kWh)
Banda Transportadora 1	20,00	440	14,936768	300	1,245
Banda Transportadora 2	20,00	440	14,936768	300	1,245
Banda Transportadora 3	20,00	440	14,936768	300	1,245
Bomba de Vacío	5,00	440	3,734192	360	0,373
				TOTAL	4,108

FUENTE: Línea de fabricación de la refrigeradora del proyecto - 2012.

Para todo el proceso de Ensamble se requieren 4,108 kWh por cada refrigeradora producida.

²¹ Incluye compresor 1/5 HP, condensador, evaporador y demás piezas que no son fabricadas nacionalmente.

²² También denominado HFC 134^a (1,1,1,2-Tetrafluoroetano)



Figura 3.22. Estación de control de calidad (Bombas de vacío)

Ingresando toda esta información en el software, el proceso se modela como en la Figura 3.23.

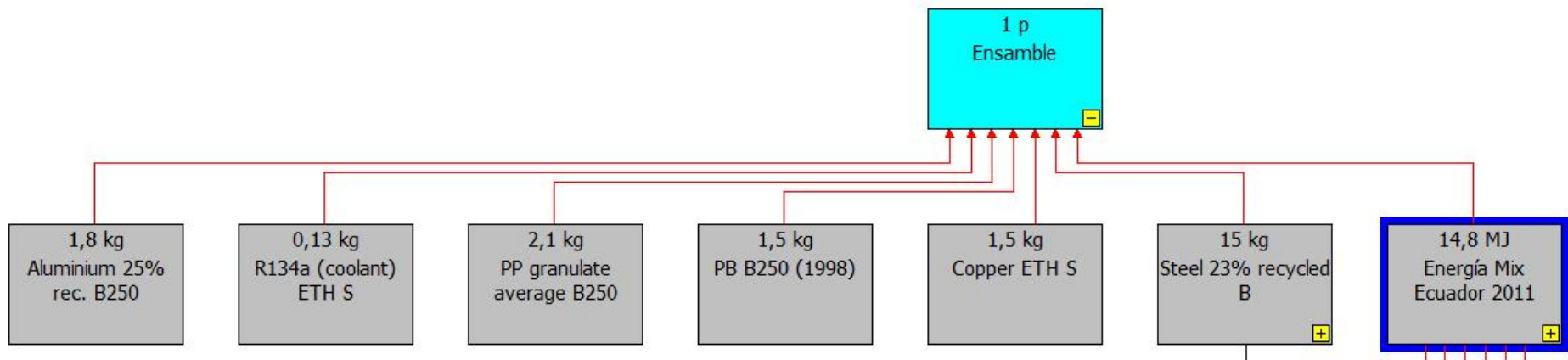


Figura 3.23. Modelado del proceso de Ensamble.

3.2.1.6. Empacado

Finalmente, al término de la banda transportadora se realiza el empacado en el que consta en 5,2 kg de cartón y 0,8 kg de poliestireno expandido (Espuma-flex) para embalaje. No existen consumos representativos de energía en este proceso ni tampoco desperdicios considerables.

Terminados todos los procesos, existen consumos que no se han considerado y que son transversales a todos ellos, esto es el aire comprimido y la iluminación; según fuentes bibliográficas²³, se tiene que la distribución de consumo para motores menor a 300 kW es del 8% y corresponde a compresores de aire como muestra la Figura 3.24; y para la iluminación, según estudios del PRIEN²⁴ (Chile), la iluminación corresponde al 6% del consumo total en la Pequeña y mediana empresa.

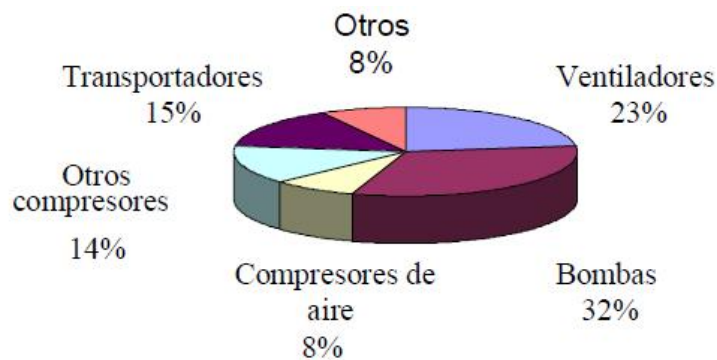


Figura 3.24. Consumo de motores de potencia <300 kW

Es por tanto que en la siguiente tabla se hace un resumen del consumo energético de todos los procesos anteriormente descritos, más el consumo por aire comprimido e iluminación:

²³ Luis Fernando Mantilla Peñalba, Juan Antonio Cardona Pardo, Gestión Energética de los motores eléctricos: mejora de la eficiencia de los accionamientos con el uso de variadores de velocidad, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética, Universidad de Cantabria, Santander (España)

²⁴ Identificación de potencialidades de mejoramiento de la electricidad en las pequeñas y medianas industrias de la Región Metropolitana, Santiago, Chile.

Tabla 3.16. Resumen de consumo eléctrico para la fabricación de una refrigeradora.

PROCESO	Consumo Eléctrico (kWh)
A. Fabricado	1,37
B. Pre-tratamiento químico y Pintura	3,73
C. Inyección de plásticos y Pre-ensamble	19,41
D. Inyectado del aislante	1,08
E. Ensamble	4,11
F. Empacado	0,00
SUBTOTAL	29,70
Compresores de aire	2,38
Iluminación	1,78
TOTAL	33,86

FUENTE: Elaboración propia, línea de producción de la refrigeradora del proyecto 2012

En base a la Tabla 3.16, se resume que se tiene un consumo total de electricidad es de 33,858 kWh por la fabricación de una unidad de refrigeradora para el Proyecto.

3.2.2. Transporte

Las refrigeradoras una vez empacadas, son distribuidas acorde a la Tabla 2, que muestra la Distribución de refrigeradoras por área de concesión, conforme al diseño del proyecto.

Como ya se explicó anteriormente, en el Ecuador existen actualmente veinte empresas distribuidoras con su respectiva área de concesión (Figura 3.25), las cuales se encargan de suministrar el servicio de electricidad en todo el territorio. Para realizar el análisis de los recursos necesarios para el transporte, debemos cuantificar los kilómetros que se deben recorrer según cada área de concesión. Por motivos de análisis y la realización del modelo respectivo, se considerará la distancia entre Quito y la ciudad donde se localiza cada empresa distribuidora. A continuación se muestra la tabla con las distancias correspondientes para cada área de concesión:

Tabla 3.17. Distancias QUITO- Localidades de Empresas en áreas de concesión.

Empresa Eléctrica de Distribución	Ciudad	Distancia (km)
AMBATO	Ambato	111
AZOGUES	Azogues	391
CNEL – BOLÍVAR	Guaranda	204
ELÉCTRICA DE GUAYAQUIL	Guayaquil	390
CENTRO SUR	Cuenca	432
COTOPAXI	Latacunga	70
CNEL – EL ORO	Machala	527
CNEL – GUAYAS-LOS RÍOS	Guayaquil	390
CNEL - ESMERALDAS	Esmeraldas	300
CNEL - LOS RÍOS	Babahoyo	327
CNEL - MANABÍ	Manta	362
CNEL - MILAGRO	Milagro	390
NORTE	Ibarra	112
QUITO	Quito	0
RIOBAMBA	Riobamba	165
CNEL - SANTA ELENA	Santa Elena	346
CNEL - SANTO DOMINGO	Santo Domingo	112
SUR	Loja	640
CNEL - SUCUMBIOS	Nueva Loja	265
GALÁPAGOS	Pto. Baquerizo	NA

FUENTE: Corporación Nacional de Telecomunicaciones. Distancias Terrestres entre ciudades – 2012.

En la modelación del proceso de transporte, el software maneja como unidad de medida la tonelada-kilómetro (tkm), por lo tanto se debe calcular las toneladas-kilómetro que se requieren para cada área de concesión. Se considera el transporte en camiones de 16 toneladas, los cuales van ocupados al 40% de ida²⁵, y vacíos en el regreso; además, cada refrigeradora empacada tiene un peso de 68kg. Para el caso de Galápagos, el transporte se lo realiza por vía terrestre hasta el puerto de Guayaquil, para posteriormente enviar las refrigeradoras por vía marítima.

²⁵ Consideración tomada debido a que las refrigeradoras son una carga voluminosa y no pesada.



Figura 3.25. Distribución de las Áreas de concesión en el Ecuador.
FUENTE: Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). 2011

Por lo tanto, en la siguiente tabla se recogen los valores de tonelada-kilómetro necesarias para cada área de concesión.

Tabla 3.18. Unidades de Tonelada-Kilómetro por Área de concesión. Peso de cada refrigeradora: 68 kg

Empresa Eléctrica de Distribución	Ciudad	Distancia (Km)	Asignación Refrigeradoras (unidades)	Tonelada-kilómetro
AMBATO	Ambato	111	14000	105672
AZOGUES	Azogues	391	2000	53176
CNEL - BOLÍVAR	Guaranda	204	3000	41616
ELÉCTRICA DE GUAYAQUIL	Guayaquil	390	48000	1272960
CENTRO SUR	Cuenca	432	21000	616896
COTOPAXI	Latacunga	70	7000	33320
CNEL - EL ORO	Machala	527	21000	752556
CNEL - GUAYAS-LOS RÍOS	Guayaquil	390	26000	689520
CNEL - ESMERALDAS	Esmeraldas	300	11000	224400
CNEL - LOS RÍOS	Babahoyo	327	10000	222360
CNEL - MANABÍ	Manta	362	24000	590784
CNEL - MILAGRO	Milagro	390	13000	344760
NORTE	Ibarra	112	14000	106624
QUITO	Quito	0	59000	0
RIOBAMBA	Riobamba	165	14000	157080
CNEL - SANTA ELENA	Santa Elena	346	10000	235280
CNEL - SANTO DOMINGO	Santo Domingo	112	15000	114240
SUR	Loja	640	10000	435200
CNEL - SUCUMBIOS	Nueva Loja	265	5000	90100
GALAPAGOS (T)	Pto. Baquerizo	430	3000	87720
GALAPAGOS (M)	Pto. Baquerizo	1000		204000
TOTAL		5534	330000	6378264

FUENTE: Elaboración propia, Corporación Nacional de Telecomunicaciones. Distancias Terrestres entre ciudades – 2012.

El software, con esta información, nos modela el proceso de transporte que se lo presenta en la Figura 3.26.

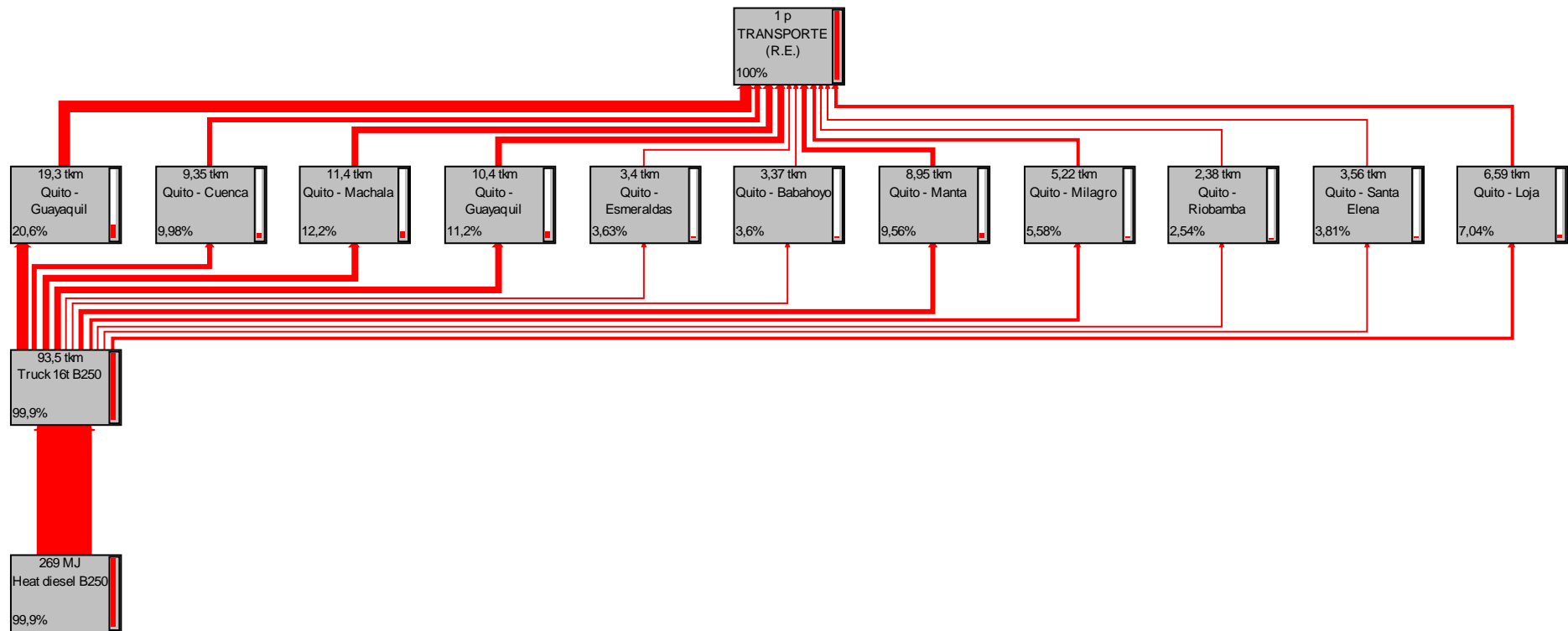


Figura 3.26. Modelado del proceso de transporte²⁶

²⁶ ²⁶ Esquema del proceso de transporte con regla de corte del 2%.

3.2.3. Chatarrización

La Directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos clasifica a las refrigeradoras dentro del grupo de grandes electrodomésticos, y dentro de éste, analiza la composición promedio de materiales de refrigeradoras y congeladores, tal como se muestra en la siguiente figura:

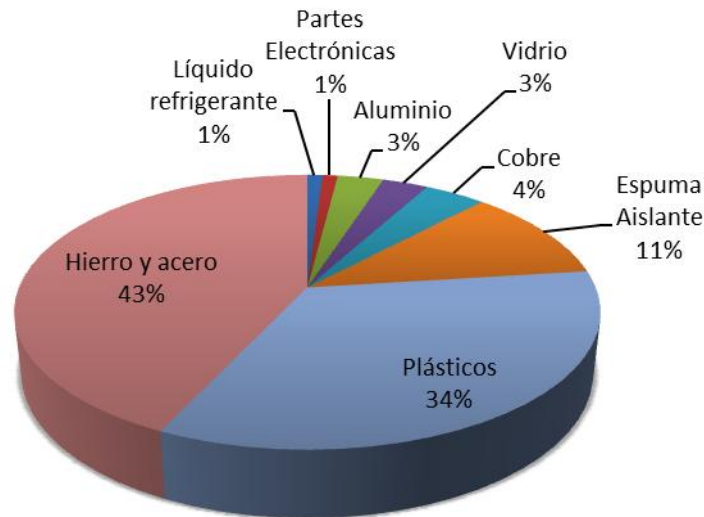


Figura 3.27. Composición promedio de refrigeradoras y congeladores.

FUENTE: Directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos – 2010.

Para el proceso de chatarrización, el proyecto prevé la contratación de Gestores Ambientales calificados para el manejo adecuado de los 330.000 equipos obsoletos sustituidos.

El proceso de chatarrización no se encuentra desarrollado aún por parte del Ministerio de Productividad, por lo que se tomará de base para el análisis el proyecto de sustitución de neveras en Argentina²⁷. En la siguiente tabla se listan los tratamientos de los diferentes materiales recuperados de los equipos obsoletos.

²⁷ El Gestor Ambiental designado para el proyecto fue ESCRAP, Red Operadores del Mercado de Residuos y Subproductos de Argentina para Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE). www.escrap.com.ar

Tabla 3.19. Tratamiento de los materiales recuperados.

Material	Disposición final	Uso
Acero	Planta de Fundición	Reutilizado como material de acero
Aluminio	Planta de Fundición	Reutilizado como material de aluminio
Cobre	Planta de Fundición	Reutilizado como material de cobre
Plásticos (PP,PS)	Fabricante de resina	Reutilizado como material plástico
Otros materiales (polvo)	Incineración	Procesado apropiadamente
Clorofluorocarbono (CFC)	Destino especial de procesamiento de CFC	Procesado apropiadamente.

FUENTE: Red Operadores del Mercado de Residuos y Subproductos de Argentina para Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) – Proyecto sustitución de neveras Argentina 2010.

En este punto, cabe aclarar que los CFC tienen un alto poder contaminante por el hecho que tienen cloro, mismo que es un agente destructor de la capa de ozono. En la Figura 3.28 se esquematiza la reacción fotoquímica del CFC, que al incidir la luz sobre la molécula, se libera un radical de cloro, el cual mediante un reacción catalítica rompe la molécula del ozono. Una teoría propuesta estima que un solo átomo de cloro (radical) destruiría hasta 30.000 moléculas de ozono.

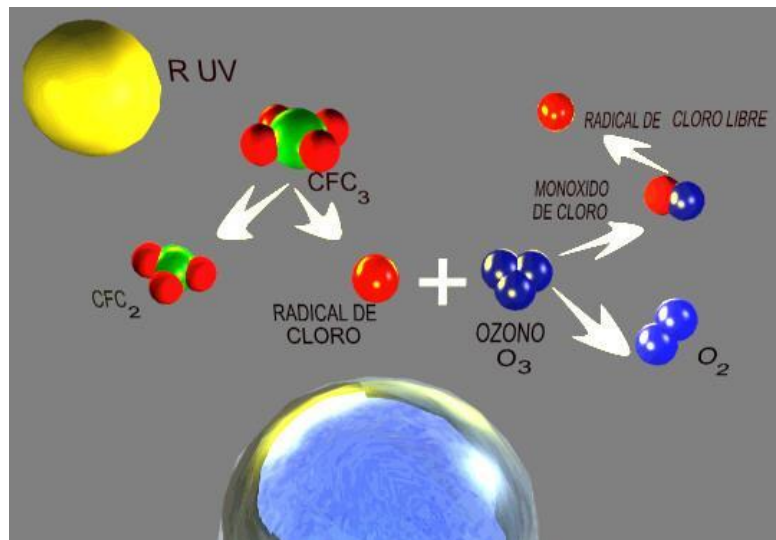


Figura 3.28. Reacción de los CFC con el Ozono²⁸

²⁸ Esquema realizado por Jairo Alonso Pérez Leal

Retomando el proceso de chatarrización y disposición final de los materiales se identificaron los siguientes parámetros:²⁹

- Peso promedio de los equipos obsoletos: 75 kg
- Aprovechamiento para reciclaje: máximo 95%.
- El 5% se prevé como fin último el vertedero.
- Demanda de electricidad promedio: 15 kWh.

Con la información expuesta anteriormente, se realizó el modelo de chatarrización de una refrigeradora obsoleta como se muestra en la Figura 3.29.

²⁹ Considerados en función del proyecto de Sustitución de Neveras Ineficientes en Argentina.

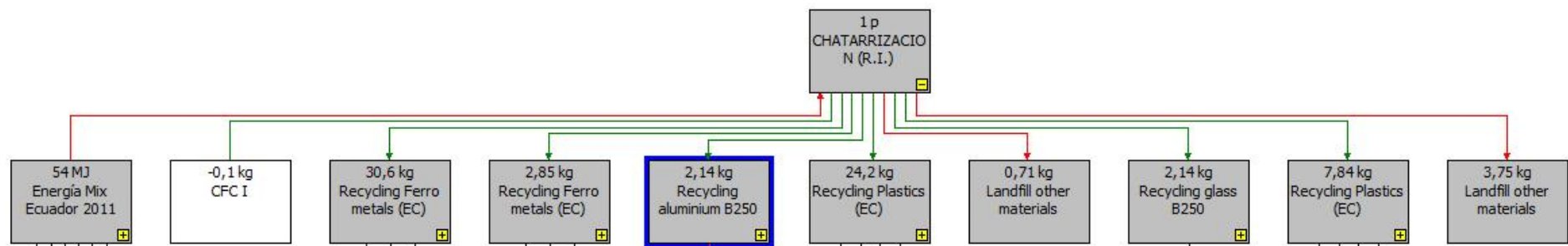


Figura 3.29. Proceso de Chatarrización.

En el modelado de este proceso se incluye todos los flujos materiales y energéticos necesarios para la transformación de los materiales ya que se usó los procesos completos de reciclado que posee el software:

Tabla 3.20. Modelado del tratamiento de residuos de las refrigeradoras obsoletas.

Salidas conocidas a la tecnósfera. Residuos y emisiones para tratamiento					
Nombre	Cantidad	Unidad	Valor mínimo	Valor máximo	Tratamiento de residuos
steel waste	30,64	kg	0	0	Recycling Ferro metals (EC)
copper waste	2,85	kg	0	0	Recycling Ferro metals (EC)
aluminium waste	2,14	kg	0	0	Recycling aluminium B250
plastics waste	24,23	kg	0	0	Recycling Plastics (EC)
electronic waste	0,71	kg	0	0	Landfill other materials
glass waste	2,14	kg	0	0	Recycling glass B250
insulation plates	7,84	kg	0	0	Recycling Plastics (EC)
waste	3,75	kg	0	0	Landfill other materials

FUENTE: Elaboración propia, Simapro 5.1

Para el caso de los CFC, el modelamiento llega hasta la fase de recolección de los mismos, el proyecto aún no define la disposición de los mismos, es muy probable que sean vendidos a empresas que requieren de estos compuestos.

Cabe señalar que todas las partes y piezas serán destruidas para su descomposición por tipos de materiales (Figura 3.27), además, con esto se evitará un mercado informal de repuestos de tecnología obsoleta.

3.2.4. Uso vida útil

El proyecto de Sustitución de Refrigeradoras toma en cuenta una vida útil tecnológica de las refrigeradoras eficientes de 10 años, ya que para entonces, dichas refrigeradoras serán obsoletas y con consumos promedio elevados considerando las nuevas tecnologías que se desarrollen a lo largo del tiempo.

En este numeral, no se considera ninguna entrada de materiales ya que las refrigeradoras no requieren de insumo alguno, todo material que se requiera para mantenimiento se ha depreciado debido a que no existe una cultura de cuidado y mantenimiento para los equipos de refrigeración en el sector doméstico.

3.2.5. Eficiencia energética en refrigeración doméstica³⁰

El ahorro logrado en los sistemas de refrigeración doméstica es en mayor parte de dos maneras:

- Disminuyendo la transferencia de calor con el exterior

Esta primera opción se ha logrado incrementando la resistividad térmica del aislante y disminuyendo las fuentes de calor del aparato.

- Haciendo más eficiente el sistema de refrigeración

La segunda se logró al modificar algunos elementos del sistema de refrigeración; el principal es el compresor que ha tenido gran posibilidad de mejora al paso de los años.

La espuma de poliuretano se usa casi universalmente en todos los refrigeradores como aislante. Si se reemplaza la fibra de vidrio por espuma con el mismo espesor, el flujo de calor a través de las paredes disminuye, así se ve que el aislamiento térmico con alta resistividad térmica tiene el potencial para ahorrar más energía, sin pérdida del espacio útil del refrigerador. La espuma de poliuretano tiene un coeficiente de conductividad térmica de $k = 0,025 W/m \cdot ^\circ C$, mientras que la fibra de vidrio tiene $k = 0,035 W/m \cdot ^\circ C$, lo cual se traduce que el poliuretano conduce menor cantidad de calor.

Del 75% al 90% de la energía requerida para refrigeración puede ser atribuida al desempeño térmico del refrigerador y su aislamiento. Adicionar al espesor del aislamiento de 1,27 cm (0,5 pulg.) a 2,54 cm (1 pulg.), se puede incrementar la eficiencia global del refrigerador en un 10%.

En cuanto a la eficiencia del compresor, actualmente se la mide en función del EER (Energy Efficiency Ratio)³¹ a causa de las políticas de conservación de la

³⁰ Rodríguez Molina, J. *Estudio sobre la Evolución Tecnológica del consumo de Energía en Refrigeradores Domésticos*. México 2006, Universidad Autónoma Metropolitana.

energía. Este factor se lo mide generalmente en $\frac{BTU/h}{W}$ lo que se traduce en la capacidad de enfriamiento en BTU/h por W de entrada.

El compresor es el principal elemento del sistema de refrigeración y es el mayor consumidor de energía. Actualmente existen los equipos sellados de compresión con un diseño que obedeció a diversas causas:

- Supresión de bandas motrices existentes en los sistemas de refrigeración antiguos.
- La pérdida de refrigerante por la abundancia de uniones en las tuberías del sistema de refrigeración.
- El mejor aprovechamiento de espacio en los gabinetes.
- La reducción al máximo de ruidos molestos en los sistemas de refrigeración.
- La reducción importante del consumo de energía.

La disminución en la eficiencia del compresor se debe a varias pérdidas, dando como resultado una disminución de la capacidad y el incremento de la energía de entrada. Hay varios factores que tienen que ver en el desempeño del compresor:

A través de las válvulas de succión y descarga se tienen pérdidas que son difíciles de calcular individualmente, sin embargo se pueden agrupar y considerar por categorías.

Su efecto en el funcionamiento ideal del compresor se mide por las siguientes eficiencias:

- Eficiencia de compresión: medida de la desviación real respecto al ciclo de compresión perfecto y se define como el trabajo realizado dentro del cilindro.

³¹ Dividiendo el EER por 3,413 se obtiene el COP (Coeficiente de rendimiento)

- Eficiencia mecánica: razón del trabajo entregado al gas entre el trabajo de salida del eje del compresor.
- Eficiencia volumétrica: razón del volumen del gas actual entrando al compresor, entre el desplazamiento teórico del compresor.
- Eficiencia isentrópica (adiabática): es la razón del trabajo requerido para la compresión isentrópica del gas entre el trabajo de salida de la flecha del compresor.

El sistema de refrigeración que se usa las refrigeradoras del proyecto se encuentra sobre el EER 4,0, con el cual se logra un consumo energético anual suficientemente bajo para clasificarse en el rango A.

3.2.6. Consumo energético demandado por las refrigeradoras eficientes.

En el Reglamento Técnico Ecuatoriano de Eficiencia Energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico (RTE INEN 035:2009)³² existen clasificaciones de aparatos de refrigeración; las refrigeradoras del proyecto caen en la clasificación 4 ST**, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.21. Clasificación RTE INEN 035:2009

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		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.

³² Ver el reglamento completo en Anexo C1

FUENTE: 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. INEN 2009.

Para esta clasificación, el reglamento establece consumos de referencia para realizar el etiquetado (Tabla 3.22). Como ya se mencionó, la refrigeradora del programa debe ser de clasificación A, y para esta categoría de eficiencia energética la recta de consumo de referencia corresponde a la CER1.

Tabla 3.22. Ecuaciones de las rectas de consumos de referencia.

ECUACIONES DE LAS RECTAS PARA LOS CONSUMOS DE ENERGÍA DE REFERENCIA						
CER1	=	0,53	VA ³³	+	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	=	1,03	VA	+	404,13	7 rojo

FUENTE: 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. INEN 2009.

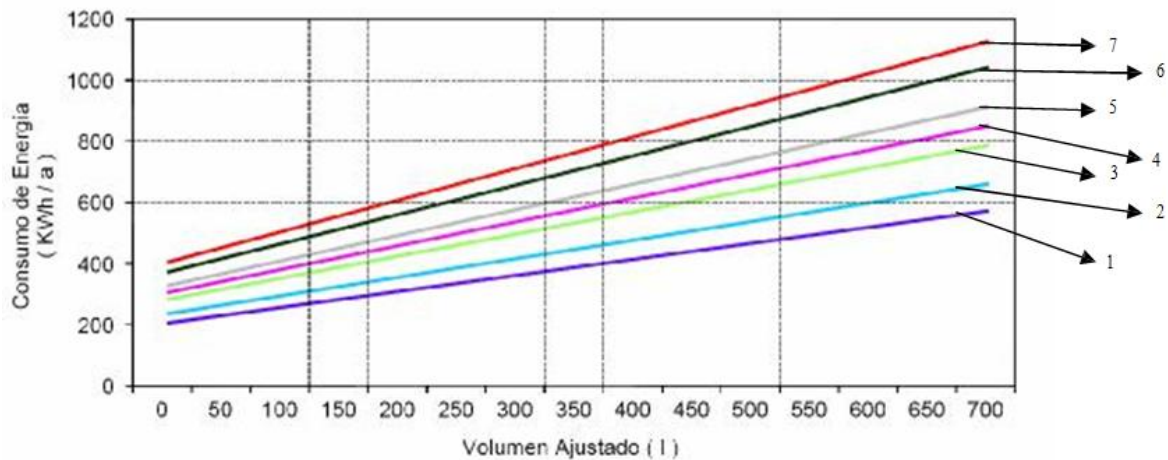


Figura 3.30. Rectas del consumo de referencia.

Como se observa en la Tabla 3.22 y en la Figura 3.30, el Reglamento hace referencia al “volumen ajustado” mismo que se lo interpreta como el volumen ajustado de un artefacto, y debe ser tomado como:

³³ Volumen Ajustado.

$$VA = V_{\text{bruto alimentos frescos}} + (V_{\text{bruto compartimiento de baja temp}} \times FA) \quad (3.5)$$

Donde: **VA** es el volumen ajustado (l); **Vbruto alimentos frescos** es el volumen bruto del compartimiento de alimentos frescos (l); **Vbruto compartimiento baja temp** es el volumen bruto del compartimiento de baja temperatura (l); **FA** es el factor de ajuste.

El factor de ajuste se lo calcula de la siguiente manera:

$$FA = \frac{\text{Temp.del cuarto de pruebas} - \text{Temp.de ref.del compartimiento de baja temp.}}{\text{Temp.del cuarto de pruebas} - \text{Temp.de ref.del compartimiento de alimentos frescos}} \quad (3.6)$$

Las temperaturas de referencia se muestran en la Tabla 3.23.

Tabla 3.23. Temperaturas de referencia³⁴

Clase de clima ³⁵	Temperatura del local de ensayo, °C	Temperatura de referencia del compartimiento de baja temperatura, °C			Temperatura de referencia del compartimiento de alimentos frescos, °C
		*	**	***	
ST	+ 25				+5
T	+ 32	-6	-12	-18	

FUENTE: 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. INEN 2009.

Por lo tanto, aplicando la ecuación (3.6) y los datos de la Tabla 3.23 (ST**), se obtiene un Factor de ajuste de 1,85.

Con el factor de ajuste y la ecuación (3.5), se calcula el Volumen ajustado³⁶ de: 288 litros.

Haciendo uso de la ecuación de referencia de consumo CER1 de la Tabla 3.22, se tiene que el límite máximo de consumo para que la refrigeradora sea de clasificación A en eficiencia energética, es un consumo de 358,52 kWh/año.

³⁴ La refrigeradora es de tipo Subtropical con temperatura en el compartimiento de baja temperatura de -12 (ST**)

³⁵ ST: Subtropical; T: Tropical

³⁶ El volumen de cada compartimiento no estaba disponible. El Volumen Ajustado fue proporcionado directamente por el fabricante.

Una vez con el dato de consumo de cada refrigeradora, se usa el mismo procedimiento de cálculo simple que se usó para el perfil del proyecto, se considera el funcionamiento de las 330.000 refrigeradoras a lo largo de 10 años con lo que se obtiene un total de consumo energético de **1183,12 GWh**.

Con este resultado, se modela el proceso sencillo del consumo a lo largo de la vida útil de equipo eficiente como en la Figura 3.32.

3.2.7. Disposición final

El proceso de Disposición final de las refrigeradoras eficientes será a partir del año 2022 con la consideración de una vida útil de 10 años para el proyecto, tal como se mencionó anteriormente.

El proceso se lo modelará en función a todos los materiales usados en el proceso de fabricación ya que así lo identifica el software; por lo tanto lo que se debe definir únicamente son los escenarios de residuos, mismos que serán de reciclaje el 95% y de vertedero el 5%, tal como se muestra en la Figura 3.33. Además, como se mencionó anteriormente, no se realizarán desensambles de los equipos obsoletos ni tampoco reúso de las partes y piezas ya que la tecnología es de baja eficiencia, el ingreso de datos se lo muestra en la siguiente figura:

Nombre		
DISPOSICION FINAL (R.E.)		
Refiriendo a la configuración	Cantidad	Unidad
Fabricación (R.E.)	330000	p
Procesos		
	Cantidad	Unidad
Escenarios de residuo		
	Porc.	
Recycling only	95 %	
Landfill B250 (98)	5 %	
Desensamblajes		
	Porc.	
Reusos		
	Porc.	

Figura 3.31. Modelamiento del proceso de Disposición Final
 FUENTE: Elaboración Propia, SImapro 5.1

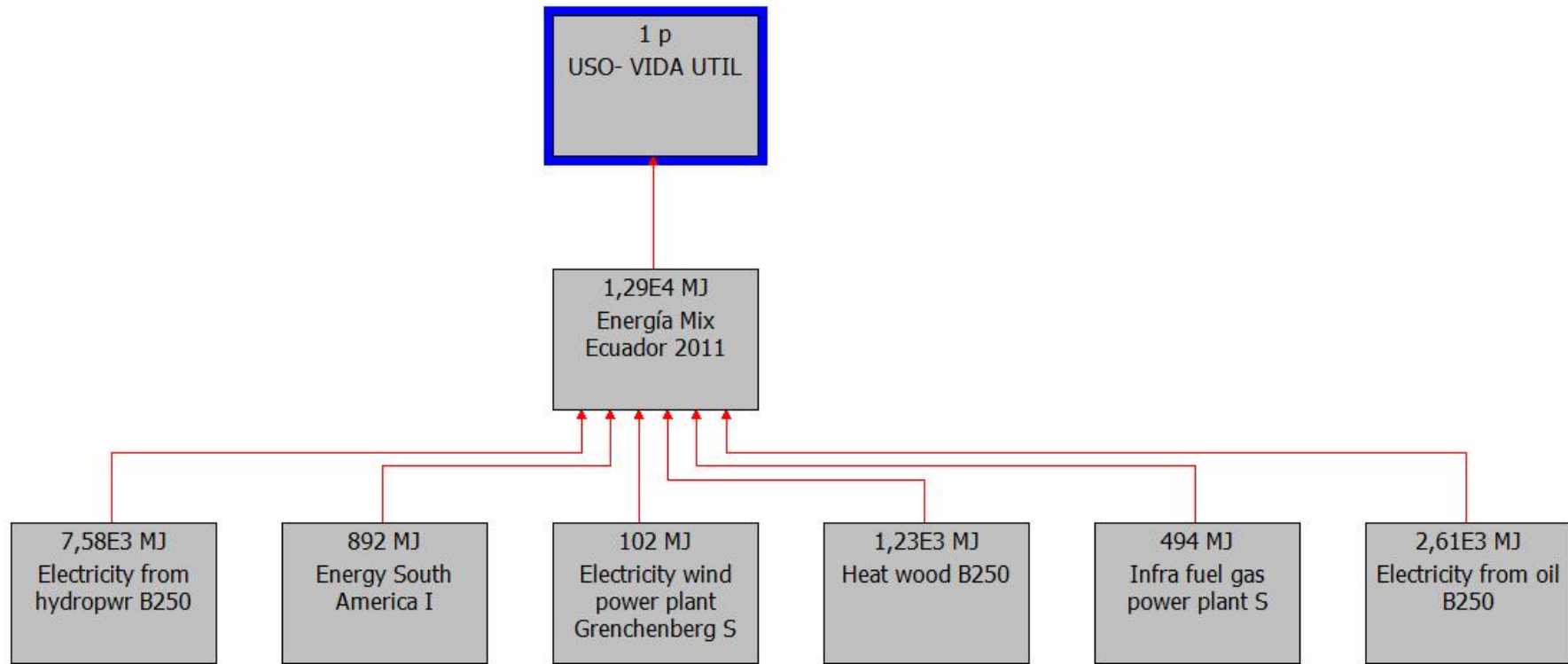


Figura 3.32. Modelación del proceso de Uso – Vida Útil

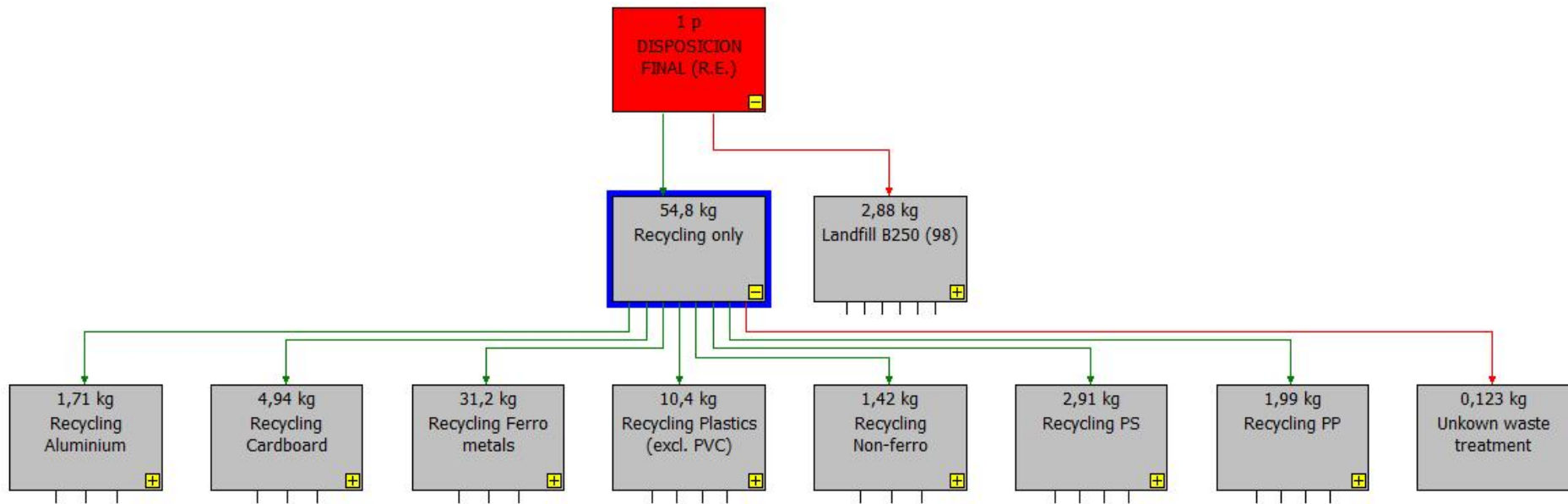


Figura 3.33. Proceso de Disposición final

3.3. Evaluación de los impactos del ciclo de vida

En este numeral se evaluará la importancia de los potenciales impactos ambientales a partir de los resultados del análisis del inventario de ciclo de vida³⁷. En este proceso, para cada dato del inventario (emisiones gaseosas, vertidos, etc), se evalúa el impacto ambiental potencial que produce y se cuantifica.

3.3.1. Clasificación

El método elegido para realizar el análisis es el Eco-indicador '99 – Perspectiva Jerárquica (H) ya que es el más usado actualmente debido a que es la ponderación media del grupo de expertos que ha elaborado el método. Por lo tanto, las categorías de impacto consideradas se muestran en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24. Categorías de Impacto³⁸

Categoría de impacto	Unidad
Carcinogens	DALY
Resp. organics	DALY
Resp. inorganics	DALY
Climate change	DALY
Radiation	DALY
Ozone layer	DALY
Ecotoxicity	PAF*m2yr
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr
Land use	PDF*m2yr
Minerals	MJ surplus
Fossil fuels	MJ surplus

FUENTE: Simapro 5.1 con referencia a la metodología EcoIndicador '99

Para simplificar los análisis, las once categorías de impacto se agrupan en tres categorías de daño:

³⁷ Véase los ANEXOS C2, C3, C4 y C5 – Impactos del Análisis de Ciclo de Vida.

³⁸ DALY: Suma de los años de vida perdidos por mortalidad prematura y los años de vida productiva perdidos por incapacidad (Disability adjusted life years)

PAF*m²yr: Fracción potencialmente afectada

PDF* m²yr: Fracción potencialmente desaparecida (Potentially Disappeared Fraction of plant species).

MJ: Requerimiento adicional de energía para extraer los recursos minerales en el futuro (Additional energy requirement to compensate lower future ore grade)

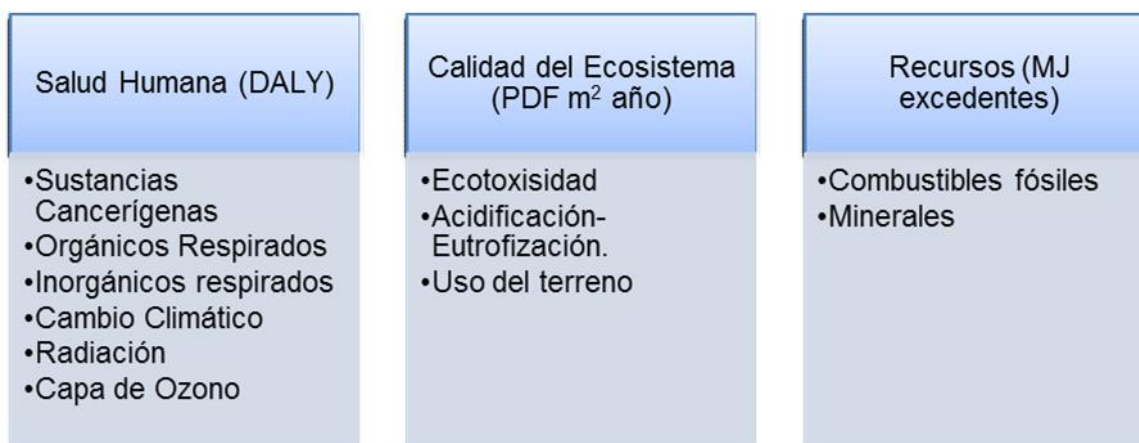


Figura 3.34. Categorías de daño (Eco-Indicador '99)

3.3.2. Caracterización

En el procedimiento de caracterización, del total de 615 sustancias emitidas³⁹, el método Ecoindicador '99 toma en cuenta 167 sustancias donde sus unidades son convertidas en función de la categoría de impacto que se encuentren. En la siguiente tabla se muestran los resultados de este procedimiento realizado en el software Simapro 5.1.

Tabla 3.25. Cuantificación de las categorías de impacto

Categoría de impacto	Unidad	Total	Fabricación (R.E.)	Transporte (R.E.)	Chatarrización (R.I.)	Uso- vida util	Disposición final (R.E.)
Carcinogens	DALY	34,9	2,44	0,17	0,656	34	-2,44
Resp. organics	DALY	0,308	0,408	0,0565	-0,491	0,684	-0,35
Resp. inorganics	DALY	244	67,6	12,1	-16,2	193	-12,6
Climate change	DALY	57,6	14,6	1,52	-8,06	50	-0,564
Radiation	DALY	0,0432	0,0414	x	0,000087	0,00171	x
Ozone layer	DALY	0,17	0,0109	0,00645	-0,0496	0,199	0,00295
Ecotoxicity	PAF*m2yr	114000000	5200000	390000	3920000	04000000	474000
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	6630000	1250000	734000	-604000	5670000	-417000
Land use	PDF*m2yr	883000	260000	x	-11100	20100	614000
Minerals	MJ	16200000	19400000	x	-1750000	93300	-1530000
Fossil fuels	MJ	364000000	98700000	13700000	-126000000	52000000	-74900000

FUENTE: Elaboración propia, Simapro 5.1 - 2012

³⁹ Véase Anexo C6 – Sustancias que considera el método Ecoindicador '99

Como las unidades de la Tabla 3.25 son difíciles de interpretar, el software nos hace una presentación porcentual de la caracterización en la Figura 3.35 y en la Figura 3.36, donde se puede observar la influencia de cada etapa del proyecto en las distintas categorías de impacto y también sobre las categorías de daños.

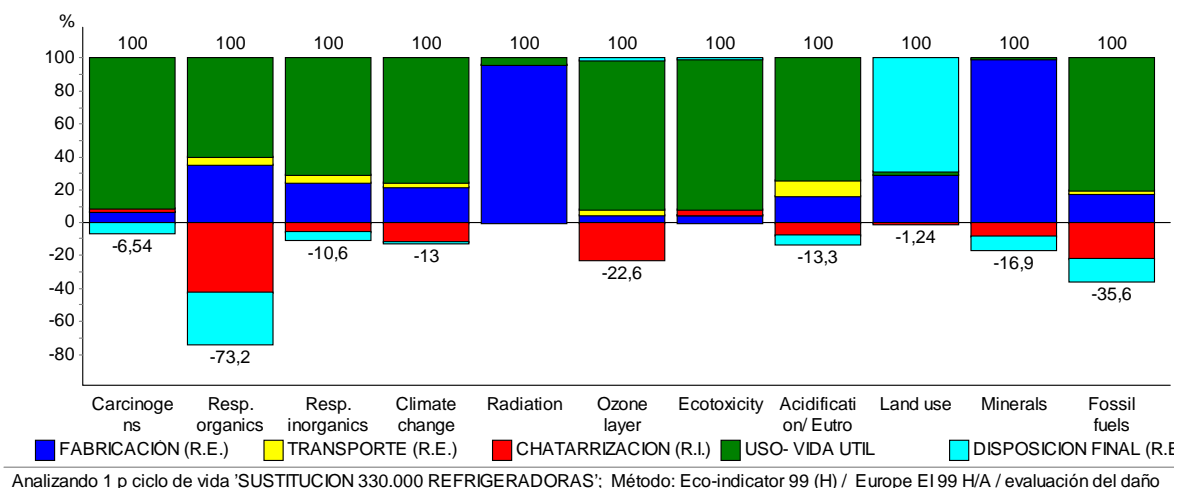


Figura 3.35. Caracterización según categorías de impacto.

FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

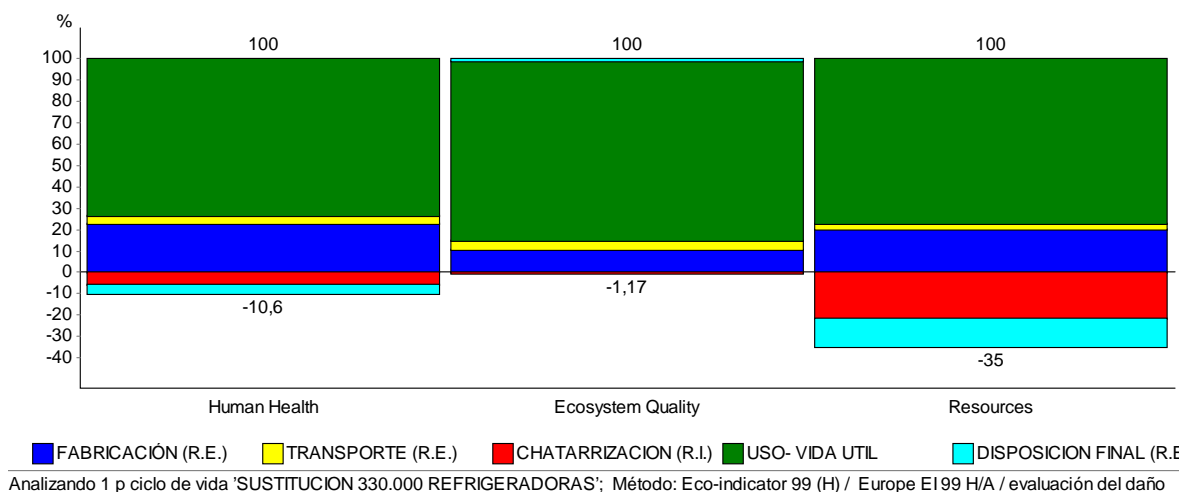


Figura 3.36. Caracterización según categorías de daño.

FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

3.3.3. Normalización

Para comprender mejor la magnitud relativa de los indicadores numéricos de la caracterización, se realiza el proceso de normalización con los factores descritos en la Tabla 2.3 con lo que se obtienen los resultados mostrados en la Figura 3.37 según las categorías de impacto y en la Figura 3.38 según las categorías de daño.

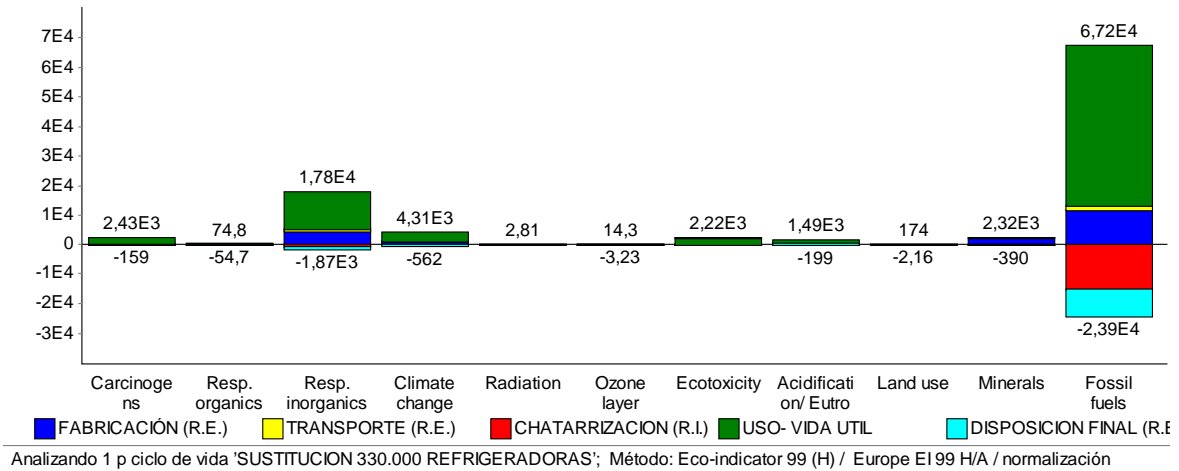


Figura 3.37. Normalización según categorías de impacto.

FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

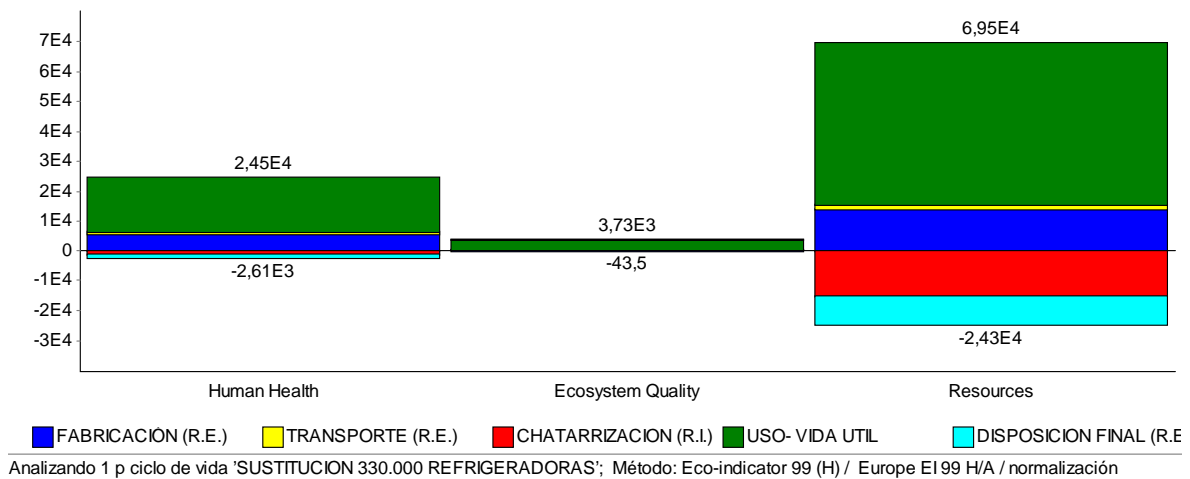


Figura 3.38. Normalización según categorías de daño

FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

Asimismo, la Tabla 3.26 muestra los valores normalizados en porcentaje de cada proceso sobre las categorías de impacto y en la Tabla 3.27 sobre las categorías de daño.

Tabla 3.26. Cuantificación del reparto por categoría de impacto.

Categoría de impacto	Und.	Total	Fabricación (R.E.)	Transporte (R.E.)	Chatarrización (R.I.)	Uso-vida util	Disposición final (R.E.)
Carcinog.	%	100	7,01	0,489	1,88	97,6	-7
Resp. Organics	%	100	132	18,3	-159	222	-113
Resp. inorganics	%	100	27,7	4,97	-6,64	79,1	-5,16
Climate change	%	100	25,4	2,65	-14	86,9	-0,981
Radiation	%	100	95,8	x	0,202	3,96	x
Ozone layer	%	100	6,46	3,8	-29,2	117	1,74
Ecotoxic.	%	100	4,56	0,342	3,44	91,2	0,416
Acid./ Eutrophic,	%	100	18,8	11,1	-9,11	85,5	-6,28
Land use	%	100	29,4	x	-1,25	2,28	69,6
Minerals	%	100	120	x	-10,8	0,577	-9,45
Fossil fuels	%	100	27,1	3,76	-34,8	124	-20,6

FUENTE: Eñaboración propia, Simapro 5.1

Tabla 3.27. Cuantificación del reparto por categoría de daño

Daño de categoría	Und.	Total	Fabricación (R.E.)	Transporte (R.E.)	Chatarrización (R.I.)	Uso-vida util	Disposicion final (R.E.)
Human Health	%	100	25,3	4,12	-7,17	82,5	-4,73
Eco. Quality	%	100	10,7	4,09	-1,18	85,1	1,3
Resources	%	100	31,1	3,6	-33,7	119	-20,1

FUENTE: Elaboración propia, Simapro 5.1 – 2012

3.3.4. Ponderación o valoración

En el proceso de ponderación se usan los factores de la Tabla 2.4 que previamente se explicó para cuantificar los impactos en puntos (Pt), en la Figura 3.39 se muestran los resultados de la ponderación según las categorías de impacto y en la Figura 3.40 según las categorías de daño.

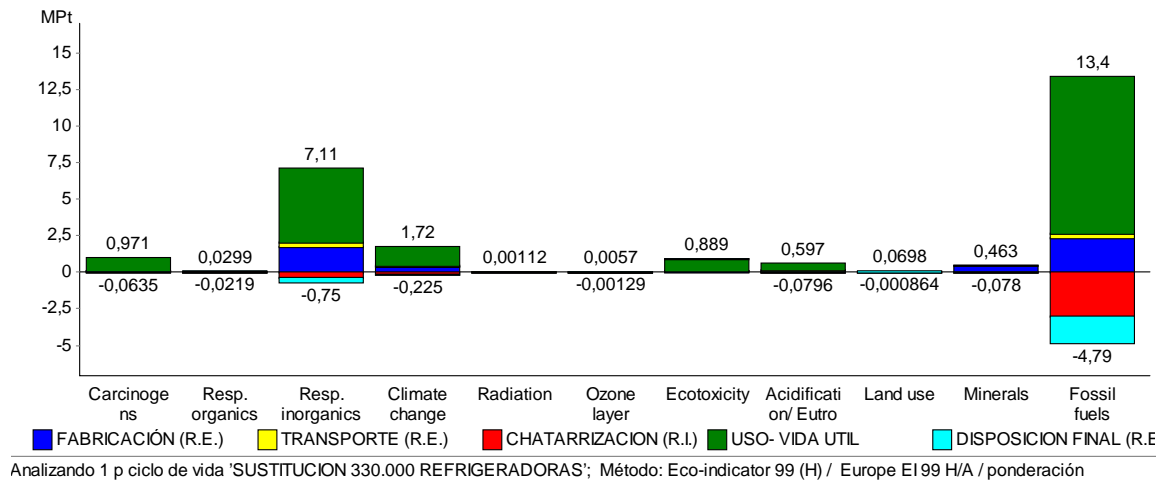


Figura 3.39. Ponderación según categorías de impacto.
FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

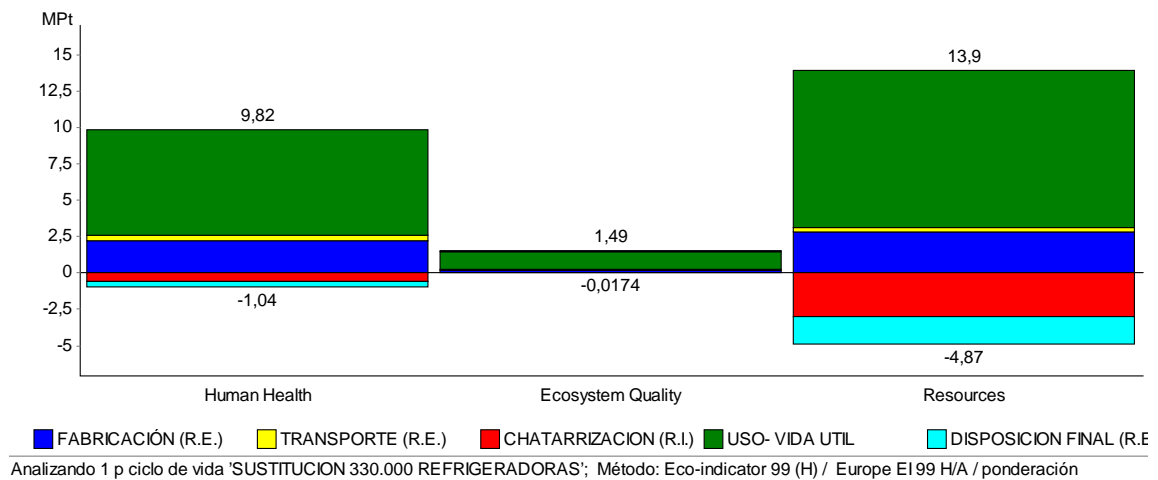


Figura 3.40. Ponderación según categorías de daño.
FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

Asimismo, la Tabla 3.28 muestra los valores ponderados en porcentaje de cada proceso sobre las categorías de impacto y en la Tabla 3.29 sobre las categorías de daño.

Tabla 3.28. Cuantificación del reparto por categoría de impacto.

Categoría de impacto	Und.	Total	Fabricación (R.E.)	Transporte (R.E.)	Chatarrización (R.I.)	Uso- Vida Util	Disposición Final (R.E.)
Fossil fuels	%	44,9	12,2	1,69	-15,6	55,8	-9,24
Minerals	%	2	2,39	x	-0,216	0,0115	-0,189
Land use	%	0,357	0,105	x	-0,00448	0,00813	0,248
Acidification/ Eutrophication	%	2,68	0,504	0,297	-0,244	2,29	-0,168
Ecotoxicity	%	4,61	0,21	0,0158	0,159	4,21	0,0192
Ozone layer	%	0,0229	0,00148	0,00087	-0,00669	0,0268	0,000398
Radiation	%	0,0058 3	0,00559	x	1,17E-05	0,00023	x
Climate change	%	7,77	1,97	0,206	-1,09	6,76	-0,0762
Resp. inorganics	%	32,9	9,13	1,64	-2,19	26,1	-1,7
Resp. organics	%	0,0416	0,0551	0,00763	-0,0662	0,0924	-0,0473
Carcinogens	%	4,7	0,33	0,023	0,0885	4,59	-0,329
Total	%	100	26,9	3,87	-19,2	99,9	-11,5

FUENTE: Elaboración propia, Simapro 5.1 - 2012

Tabla 3.29. Cuantificación del reparto por categoría de daño.

Daño de Categoría	Und.	Total	Fabricación (R.E.)	Transporte (R.E.)	Chatarrización (R.I.)	Uso- Vida Util	Disposición Final (R.E.)
Resources	%	46,9	14,6	1,69	-15,8	55,8	-9,43
Ecosystem Quality	%	7,65	0,819	0,313	-0,0903	6,51	0,0992
Human Health	%	45,5	11,5	1,87	-3,26	37,5	-2,15
Total	%	100	26,9	3,87	-19,2	99,9	-11,5

FUENTE:Elaboración propia, Simapro 5.1 - 2012

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Todo el proceso de evaluación de ciclo de vida, se concluye en la fase de ponderación, donde se pueden comparar directamente y en la misma unidad todos los procesos involucrados. Analizando la Tabla 3.28 y la Tabla 3.29, se observa que existen valores positivos y negativos los cuales sumados algebraicamente dan como resultado el 100% del impacto.

4.1. Análisis ambiental

Los procesos de Fabricación, Transporte y Uso – Vida útil son los que contribuyen con el deterioro del ambiente en general; por otro lado, los procesos de Chatarrización y Disposición Final contribuyen a disminuir los impactos y daños al mismo por sus procesos de reciclado de materiales.

Para realizar una comparación de cada proceso, en la Figura 4.2 se muestra la cuantificación de cada proceso por categoría de impacto y asimismo en la Figura 4.3 por categoría de daño.

La fase de Uso- Vida Útil causa el 99,9% de los impactos con 19,3 MPt, principalmente en las categorías de Combustibles fósiles (55,8%) e Inorgánicos Respirados (26,1%) debido principalmente a la contribución de generación eléctrica térmica con derivados de petróleo, la cual representa alrededor de un 25% de la generación total en el Ecuador.

Si analizamos más particularmente los subprocesos del Uso de Vida, el resultado de contribución se muestra en la Figura 4.1, donde claramente se observa que en este proceso el 92,3% de la contribución se debe a la generación nacional de electricidad con combustibles derivados del petróleo.

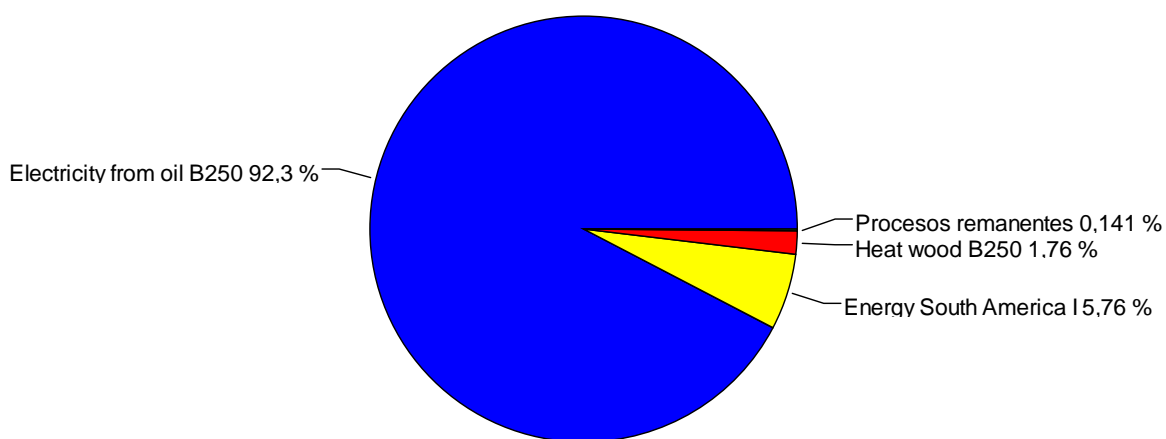
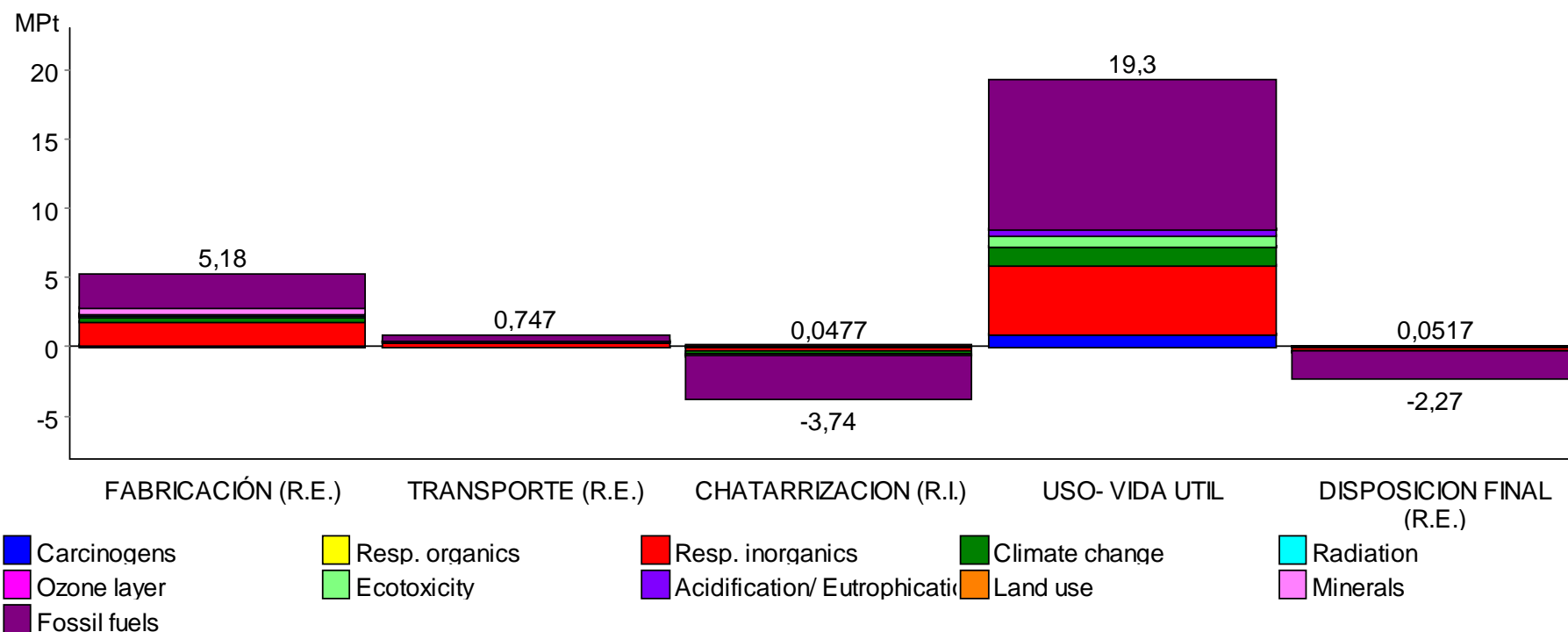


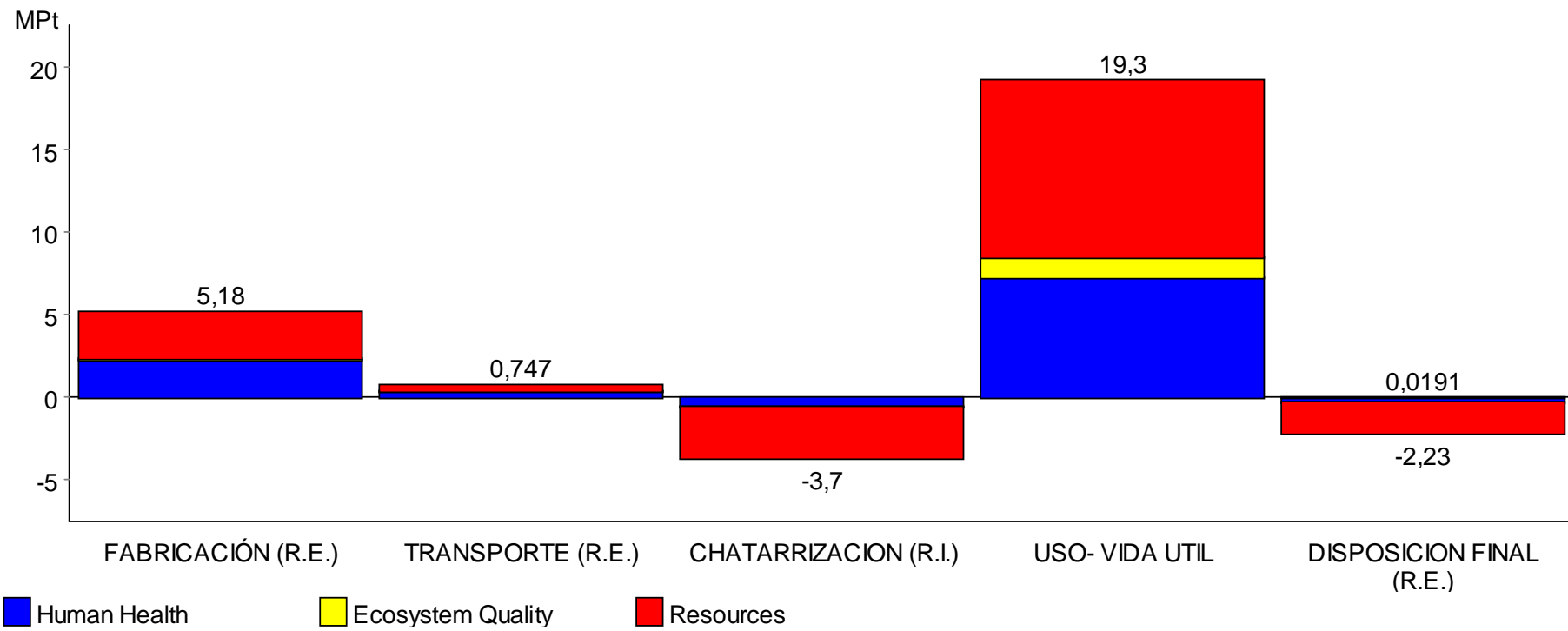
Figura 4.1. Contribución de subprocesos de Uso- Vida Útil.

FUENTE: Simapro 5.1 – 2012.



Analizando 1 p ciclo de vida 'SUSTITUCION 330.000 REFRIGERADORAS'; Método: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / puntuación única

Figura 4.2. Puntuación por proceso según las categorías de impacto.
 FUENTE: Simapro 5.1 - 2012



Analizando 1 p ciclo de vida 'SUSTITUCION 330.000 REFRIGERADORAS'; Método: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / puntuación única

Figura 4.3. Puntuación por proceso según las categorías de daño.

FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

En la misma línea de análisis, la Fabricación también conlleva un alto impacto, un 26,9% del total principalmente sobre las categorías de Combustibles Fósiles (12,2%) e Inorgánicos respirados (9,13%). Si realizamos un análisis más detallando, en la Figura 4.4 se muestra que el uso de Acero (22,7%), los plásticos ABS (18,3) y GPPS (5%), cobre (13,4) y compuestos para la espuma aislante (16,6%) contribuyen con más del 70% de los impactos. El proceso de fabricación demanda mucho de recursos, esto se muestra claramente en la Figura 4.3, donde más del 50% se encuentra en daños a los recursos y el restante a daños a la Salud Humana; además se resalta que en este proceso, los impactos por generación de electricidad con recursos fósiles no es significativa ya que es del orden del 3,35%.

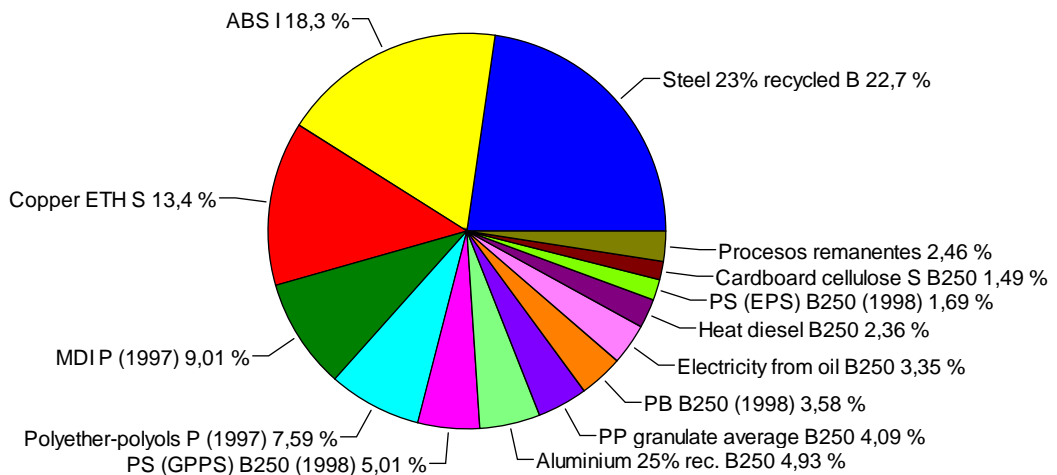


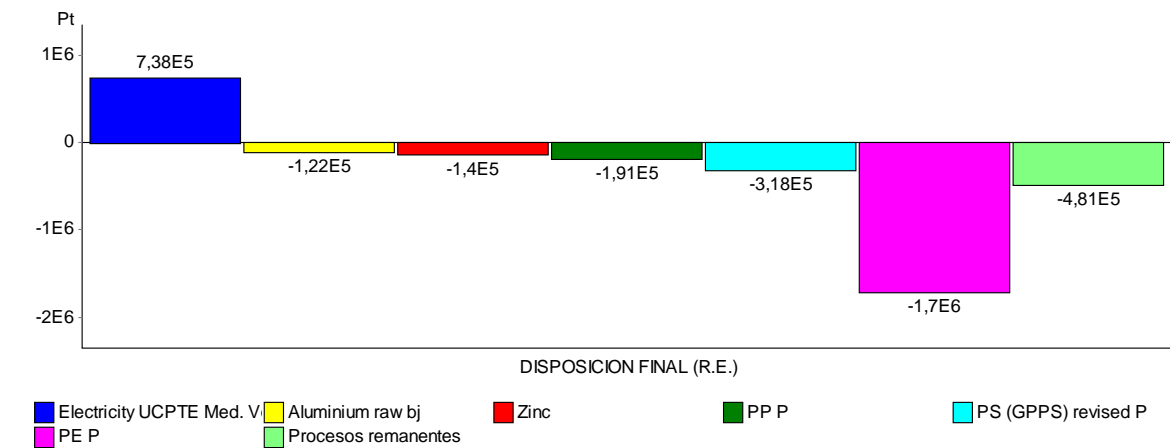
Figura 4.4. Contribución de subprocesos de Fabricación.

FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

Por otro lado, también se tienen dos procesos que son beneficiosos para el medioambiente como lo son la Chatarrización (-3,74 MPt) y la Disposición Final (-2,27 MPt), como se muestra en la Figura 4.2, estos procesos ayudan a disminuir el impacto en el consumo de combustibles fósiles principalmente.

Realizando un análisis más a fondo de estos dos procesos, la Chatarrización (Figura 4.6) con los procesos de reciclado del plástico ABS contribuye con beneficios al medioambiente del orden de -3,78 MPt y esto se traduce en disminución de consumo de combustibles fósiles ya que los procesos de obtención de ABS demandan de grandes cantidades de energía.

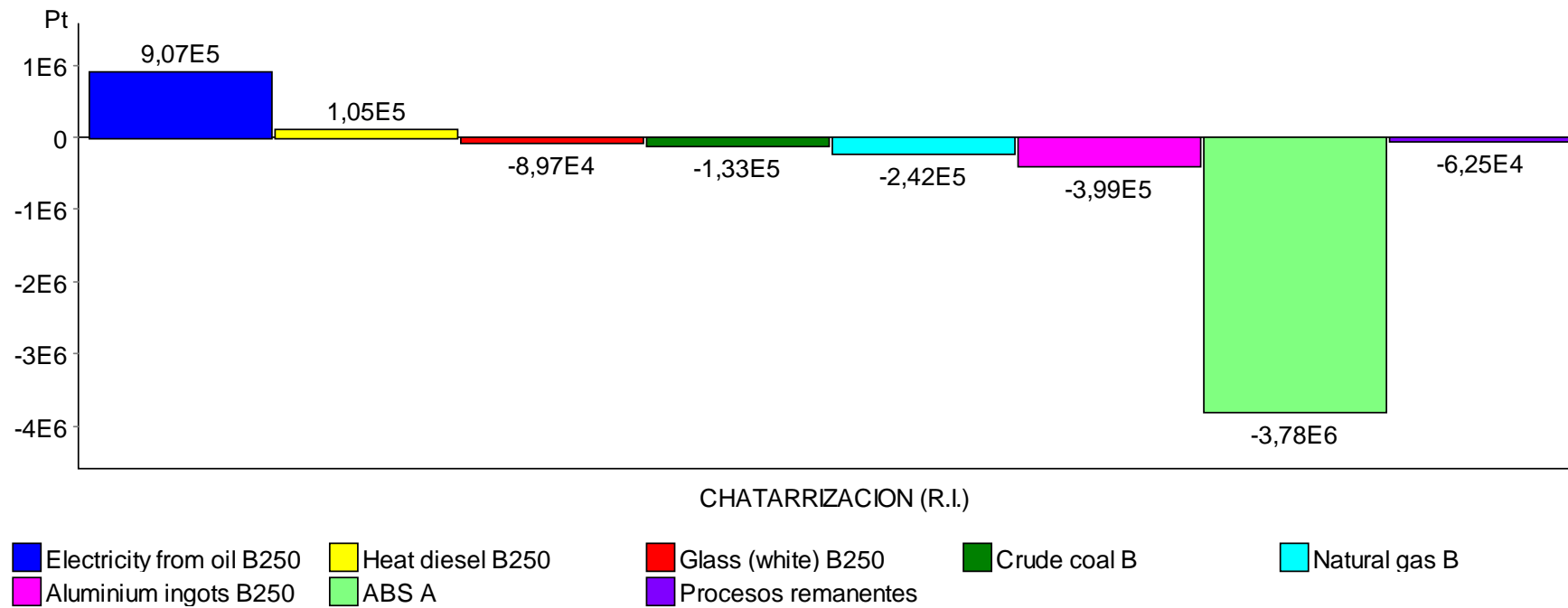
Asimismo, la fase de Disposición final también es favorable al medio ambiente tal como se muestra en la Figura 4.5, donde el reciclado de plásticos es el principal aporte, siendo el más representativo el Polietileno (PE) con -1,7 MPt; asimismo este beneficio se traduce en disminución de consumo de combustibles fósiles ya que los procesos de obtención de PE demandan de grandes cantidades de energía.



Analizando 1 p ciclo de vida 'SUSTITUCION 330.000 REFRIGERADORAS'; Método: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / puntuación única

Figura 4.5. Contribución de los subprocesos de la Disposición Final. (Procesos remanentes menor al 5%).

FUENTE: Simapro 5.1 – 2012



Analizando 1 p ciclo de vida 'SUSTITUCION 330.000 REFRIGERADORAS'; Método: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / puntuación única

Figura 4.6. Contribución de los subprocesos de la Chatarrización. (Procesos remanentes menor al 2%).

FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

Para terminar con el análisis ambiental, en la Tabla 3.29 se muestra el reparto de las entradas con mayor peso contaminante de todos los procesos donde se confirma que la categoría de Impacto Combustibles Fósiles tiene el mayor porcentaje de impacto, debido al consumo de electricidad generada con combustibles derivados del petróleo que contribuyen con el 97,8% de los cuales prácticamente su totalidad lo contribuye el uso de las refrigeradoras a lo largo de los 10 años de vida útil.

Tabla 4.1. Reparto de las entradas con mayor peso contaminante.

Proceso	Und.	Total	Fabricación (R.E.)	Transporte (R.E.)	Chatarrización (R.I.)	Uso-Vida Util	Disposición Final (R.E.)
Electricity from oil B250	%	97,8	3,35	x	24,5	92,3	x
Steel 23% recycled B	%	6,11	22,7	x	x	x	x
Energy South America I	%	6,1	0,209	x	1,53	5,76	x
Heat diesel B250	%	5,05	2,36	99,9	2,85	x	x
ABS I	%	4,91	18,3	x	x	x	x
Electricity UCPTTE Med. Voltage	%	3,83	x	x	x	x	33,3
Copper ETH S	%	3,61	13,4	x	x	x	x
MDI P (1997)	%	2,42	9,01	x	x	x	x
Polyether-polyols P (1997)	%	2,04	7,59	x	x	x	x
Heat wood B250	%	1,86	0,0637	x	0,467	1,76	x
PS (GPPS) B250 (1998)	%	1,35	5,01	x	x	x	x
Aluminium 25% rec. B250	%	1,33	4,93	x	x	x	x
PP granulate average B250	%	1,1	4,09	x	x	x	x
Crude coal B	%	-1,02	-0,105	x	-3,59	x	-2,65
PS (GPPS) revised P	%	-1,65	x	x	x	x	-14,4
Natural gas B	%	-1,86	-0,191	x	-6,54	x	-4,83
Aluminium ingots B250	%	-2,07	x	x	-10,8	x	x
PE P	%	-8,82	x	x	x	x	-76,8
ABS A	%	-19,6	x	x	-102	x	x
Procesos remanentes ⁴⁰	%	-2,52	9,26	0,106	-6,11	0,141	-34,7
Total of all processes	%	100	100	100	100	100	100

FUENTE: Simapro 5.1 – 2012.

⁴⁰ Los procesos remanentes son los que contribuyen con menos del 1% del impacto total.

En la Figura 4.7 se muestra la misma distribución anterior de los procesos más contaminantes en unidades de Puntos (Pt), en el cual el uso de electricidad de fuentes derivadas del petróleo aporta con 18,9 MPt al cual se sigue el uso de Acero con 1,18MPT y se rescata que el proceso de reciclado de plásticos ABS contribuye al medio ambiente con -3,78 MPt.

4.1.1. Emisión de Dióxido de Carbono.

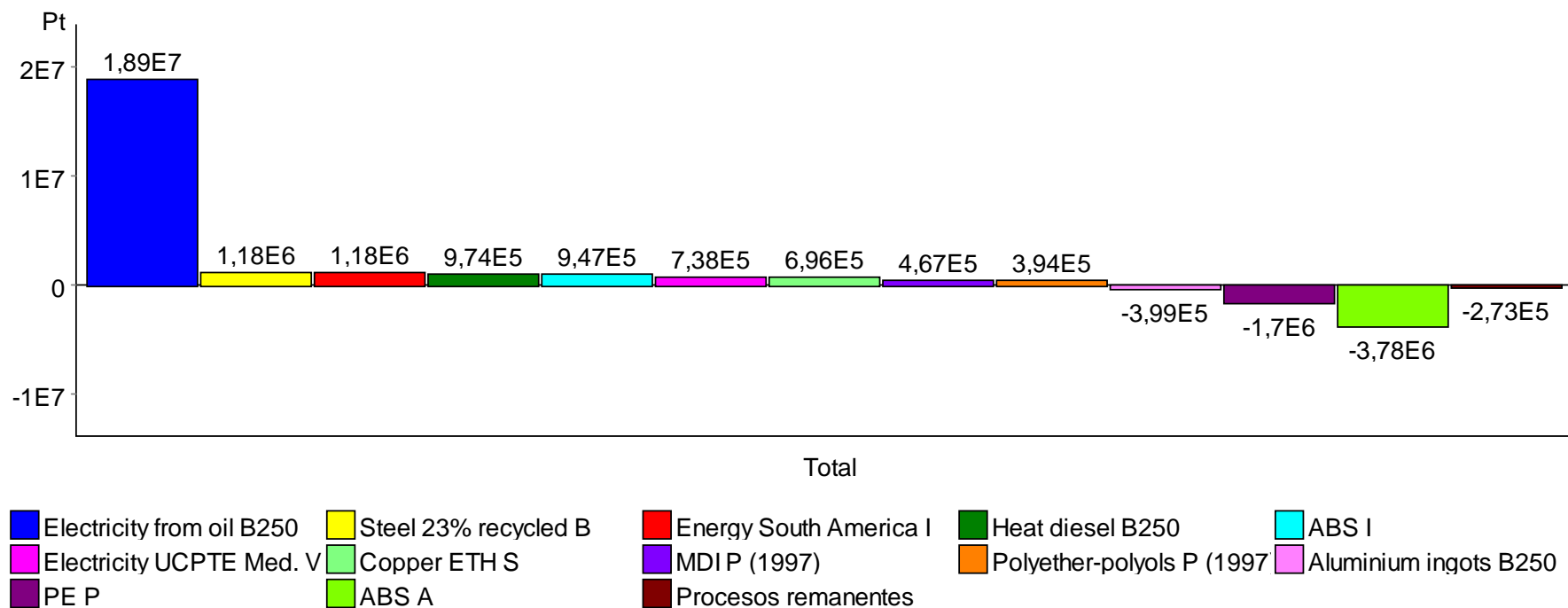
Las emisiones de dióxido de carbono es un importante indicador de contaminación ambiental que contribuye principalmente al cambio climático, para esto, utilizaremos el Factor de Emisión de CO₂ del Sistema Nacional Interconectado de 0,5668 tCO₂/MWh.⁴¹

Más adelante, en la Tabla 4.2, se muestra que el consumo eléctrico a lo largo de la vida del proyecto será de 1255,2 GWh, con lo cual, las emisiones netas totales de dióxido de carbono son:

$$1255,2 \text{ GWh} * \frac{1000 \text{ MWh}}{1 \text{ GWh}} * 0,5668 \frac{\text{tCO}_2}{\text{MWh}} = 711447,4 \text{ tCO}_2$$

En la Figura 4.8 se muestra el flujo y la contribución esquemática de dióxido de carbono de cada proceso donde se observa que el Uso – Vida Útil sigue siendo el mayor contribuyente.

⁴¹ Factor de Emisión del Sistema Nacional Interconectado al año 2011, Ex Post del margen combinado para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos.



Analizando 1 p ciclo de vida 'SUSTITUCION 330.000 REFRIGERADORAS'; Método: Eco-indicator 99 (H) / Europe EI 99 H/A / puntuación única

Figura 4.7. Reparto de entradas con mayor peso contaminante. (Procesos remanentes menor al 2%).

FUENTE: Simapro 5.1 – 2012.

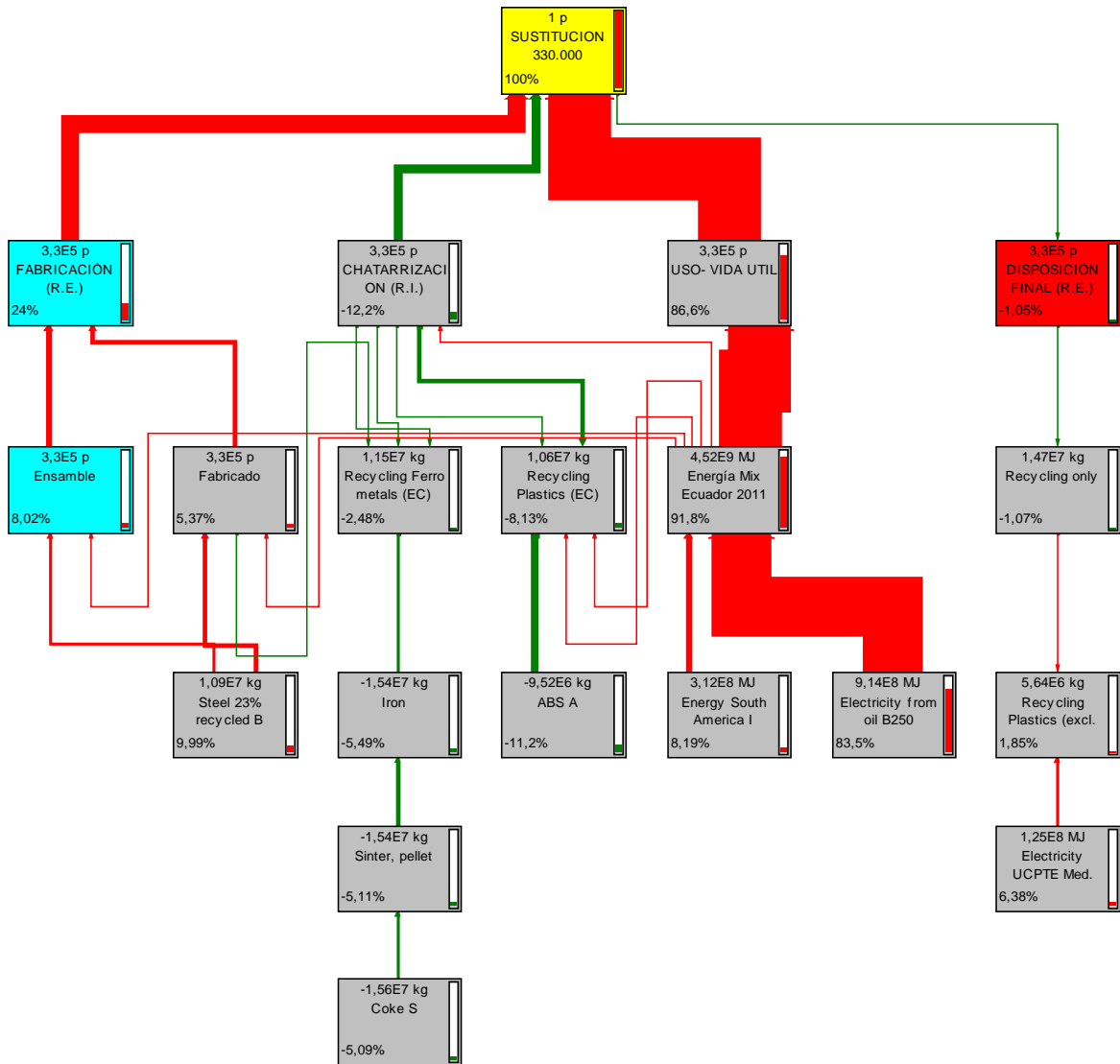


Figura 4.8. Flujo total de Emisiones de CO₂ (kg) – procesos con menos del 5% de contribución se excluyen.

4.2. Análisis energético

Para realizar el análisis energético, el Software como tal no lo realiza, por lo tanto, tomaremos unicamente los procesos con unidades energéticas, para realizar la cuantificación del total de energía demandada por cada proceso.

Tabla 4.2. Demanda Energética.

Proceso	Und.	Total	FABRICACIÓN (R.E.)	TRANSPORTE (R.E.)	CHATARRIZACION (R.I.)	USO-VIDA UTIL	DISPOSICIÓN FINAL (R.E.)
---------	------	-------	--------------------	-------------------	-----------------------	---------------	--------------------------

Proceso	Und.	Total	FABRICACIÓN (R.E.)	TRANSPORTE (R.E.)	CHATARRIZACION (R.I.)	USO-VIDA UTIL	DISPOSICIÓN FINAL (R.E.)
Energía Mix Ecuador 2011	GWh	1255,2	11,6	x	60,3	1183,0	x
Electricity UCPTTE Med. Voltage	GWh	34,7	x	x	x	x	34,7
Electricity wind power plant Grenchenberg	GWh	9,9	0,1	x	0,5	9,3	x
Heat diesel B250	GWh	32,2	4,1	24,7	3,5	x	x
Heat GLP	GWh	23,4	23,4	x	x	x	x
TOTAL	GWh	1355,5	39,1	24,7	64,2	1192,3	34,7
Diesel engine truck B	GWh	-0,2	0,0	x	-0,6	x	0,4
Electricity UCPTTE High Voltage	GWh	-2,9	0,0	x	-0,6	x	-2,2
Fuels for electr. AI B	GWh	-9,9	x	x	x	x	-9,9
Furnace gas B	GWh	-26,7	-0,7	x	-18,0	x	-8,0
TOTAL	GWh	-39,7	-0,7	0,0	-19,3	0,0	-19,7

FUENTE: Elaboración propia, Simapro 5.1 – 2012

En la Tabla 4.2 se muestran los dos únicos tipos de cargas energéticas del proyecto, con 1355,5 GWh, es la porción de demanda de energía tanto de electricidad como de combustibles. Se denota el término “Electricity UCPTTE Med. Voltage”⁴² el cual corresponde al proceso de disposición final en un escenario a 10 años y que fue simulado según las bases de datos del software que corresponden a modelos europeos actuales. Si analizamos más detalladamente, la energía eléctrica es la principal fuente de consumo de energía y en la Figura 4.9 se muestra claramente que el uso de las refrigeradoras durante los 10 años corresponde al 94,3% del total de demanda de energía eléctrica.

⁴² Los datos detallados son sobre la tensión media (1-24kV) de la producción de electricidad en Europa (UCTPE), incl. bienes de capital, la exploración de las fuentes de energía y transporte. Sistema de distribución de energía está incluido, hasta la entrega de electricidad de media tensión. Las emisiones de los vertederos no están incluidas, las emisiones de la incineración y el reciclaje están incluidos. Todos los radio-nucleicos se agregan a las sustancias radiactivas. Algunas sustancias de menor importancia se quedan fuera.

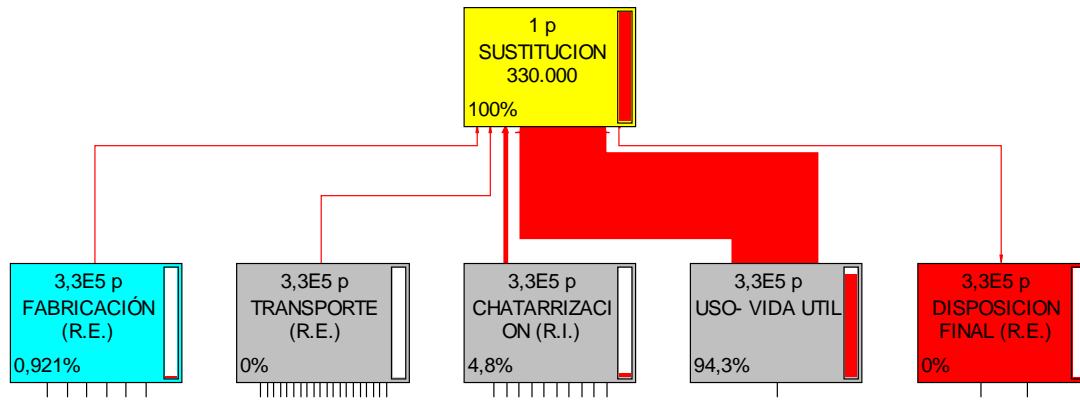


Figura 4.9. Flujo de “Energía Mix Ecuador 2011”

Por el otro lado, con -39,7 GWh es la energía ahorrada por consumo evitado debido a los procesos de Chatarrización y Disposición Final, principalmente en la producción de plásticos tipo ABS y Polietileno.

4.3. Escenarios alternativos

Una vez que se ha cuantificado los impactos ambientales y energéticos, nos queda comparar los escenarios con y sin proyecto. El escenario sin proyecto únicamente incluye los procesos de Uso de Vida Útil de 10 años para las refrigeradoras ineficientes que seguirán trabajando y un proceso de Botadero ya que las refrigeradoras ineficientes, después de 10 años más, difícilmente serán dispuestas adecuadamente, lo que conlleva a que los CFC's se liberen directamente al ambiente.

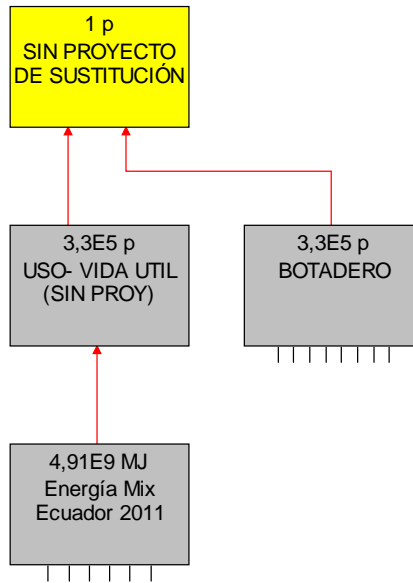


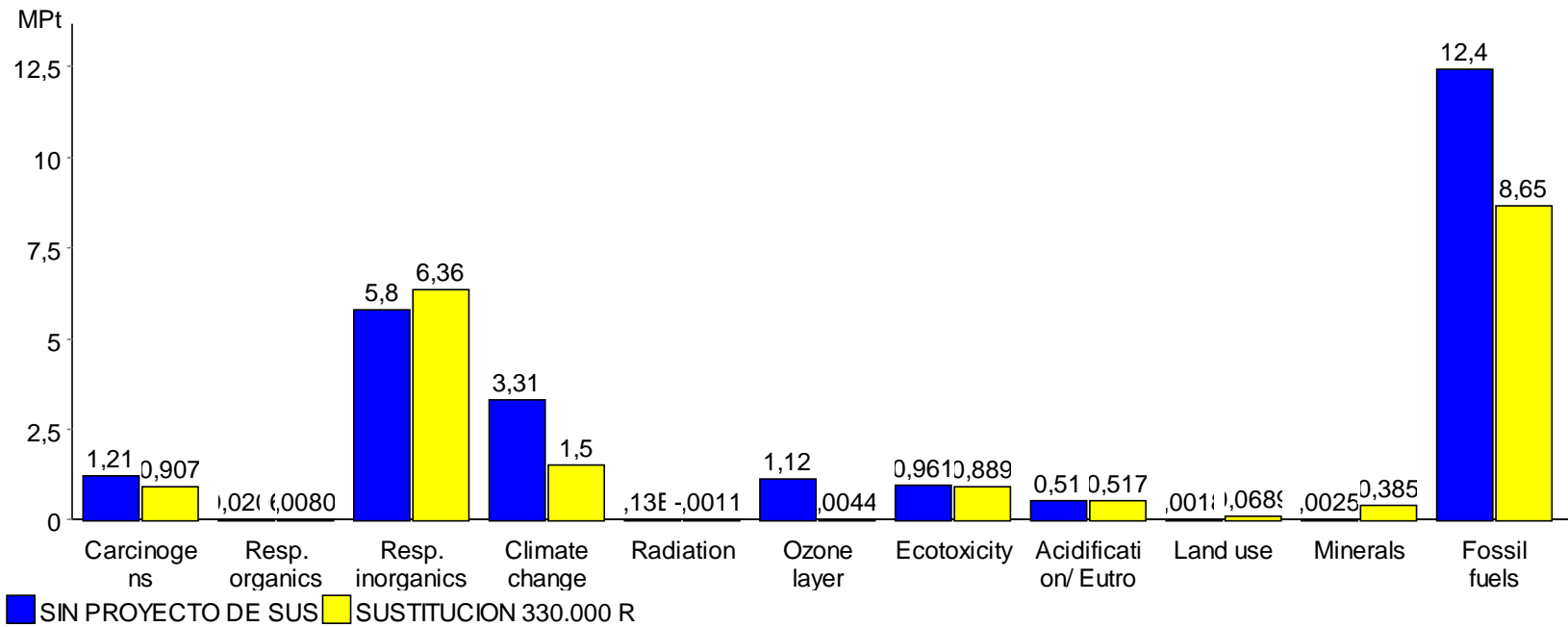
Figura 4.10. Escenario de Proyecto Sin Sustitución

El escenario sin proyecto Figura 4.10 se lo modela conforme el perfil del proyecto, considerando que las refrigeradoras antiguas consumen en promedio 413,52 kWh/mes cada una, y el escenario de Botadero (Tabla 4.3) conforme un peso de la refrigeradora de 75 kg con una distribución de materiales conforme la Figura 3.27.

Tabla 4.3. Modelado del Proceso de Botadero
FUENTE: Simapro 5.1 - 2012

Emisiones al aire					
Nombre	Cantidad	Unidad	Valor mínimo	Valor máximo	Comentario
CFC-12	0,15	kg	0	0	
Salidas conocidas a la tecnósfera. Residuos y emisiones para tratamiento					
Nombre	Cantidad	Unidad	Valor mínimo	Valor máximo	Tratamiento de residuos
steel scrap	30,64	kg	0	0	Landfill Waste
copper waste	2,85	kg	0	0	Landfill Waste
aluminium waste	2,14	kg	0	0	Landfill Waste
plastics waste	24,23	kg	0	0	Landfill Waste
electronic waste	0,71	kg	0	0	Landfill Waste
glass waste	2,14	kg	0	0	Landfill Waste
insulation plates	7,84	kg	0	0	Landfill Waste
waste	3,75	kg	0	0	Landfill Waste

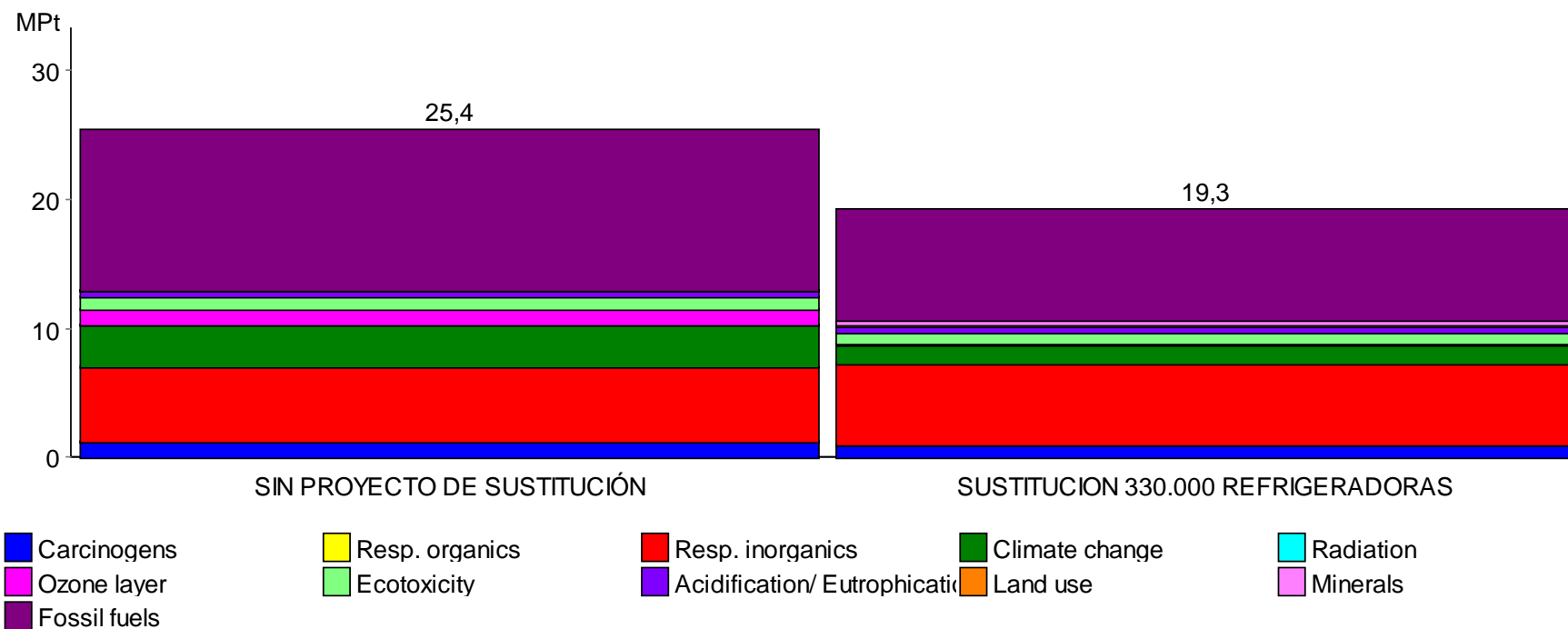
Las etapas de caracterización, normalización y ponderación del escenario Sin Proyecto, son realizadas al igual que el proyecto de Sustitución inicial. Para fines de comparación y análisis, únicamente nos interesa la fase de ponderación (Figura 4.11) y su puntuación (Figura 4.12), ambas por categoría de impacto y que se muestran a continuación.



Comparando 1 p ciclo de vida 'SIN PROYECTO DE SUSTITUCIÓN' con 1 p ciclo de vida 'SUSTITUCION 330.000 REFRIGERADORAS'; Método: Eco-

Figura 4.11. Comparación de los escenarios con y sin proyecto en la fase de ponderación.

FUENTE: Simapro 5.1 - 2012



Comparando 1 p ciclo de vida 'SIN PROYECTO DE SUSTITUCIÓN' con 1 p ciclo de vida 'SUSTITUCION 330.000 REFRIGERADORAS'; Método: Eco-

Figura 4.12. Puntuación de la comparación de los escenarios con y sin proyecto en la fase de ponderación.

FUENTE: Simapro 5.1 – 2012

Como se esperaba, el escenario sin proyecto contribuye mayoritariamente con los impactos ambientales. Analizando la Figura 4.11, se muestra que en la categoría de combustibles fósiles contribuye con 12,4 MPt en lugar de los 8,65 MPt del proyecto original debido a la mayor demanda que existe de electricidad por parte de las refrigeradoras ineficientes y también porque no existen procesos de reciclado que disminuyen el uso futuro de combustibles fósiles para la fabricación de éstos.

En la comparación de la puntuación total de ambos escenarios, el costo ambiental por no realizar el proyecto es de 6,1 MPt según la Figura 4.12, principalmente atribuible al consumo de combustibles fósiles, la liberación directa de los CFC a la atmósfera y también los impactos por los desechos causados que no son dispuestos apropiadamente.

Desde el punto de vista energético, se muestra que la cantidad de energía demanda es casi similar en ambos procesos (3% más en el escenario sin proyecto) debido a que en el escenario del proyecto, existe una demanda extra de energía en los procesos de fabricación que comparado con el escenario sin proyecto, éstos no existen.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La primera conclusión que es evidente, se refiere al impacto que aporta en general la generación de electricidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto (19,3MPt) mismo que si lo transformamos al impacto que genera un habitante europeo promedio, el proyecto es equivalente a la carga ambiental que producen 193.000 habitantes promedio en un año.
- De la contribución ambiental total (19,3MPt), cada proceso aporta con: en el caso de USO- VIDA ÚTIL con 99,9%, FABRICACIÓN (R.E.) con 26,9%, TRANSPORTE (R.E.) con 3,87%, DISPOSICIÓN FINAL (R.E.) con -11,5% y la CHATARRIZACION (R.I.) con -19,2%; lo que concluye que el mix energético del Ecuador influye totalmente en los proyectos de sustitución de aparatos ineficientes.

- Por el lado del impacto energético, se tiene una demanda total de 1355,5 GWh a lo largo de todo el Ciclo de Vida del Proyecto, de los cuales el 92,6% corresponde a electricidad y el resto a combustibles y energía asociada a los procesos de Chatarrización y Disposición Final.
- Comparando el proyecto con el escenario sin intervención, se muestra claramente que sí existe un beneficio para el medio ambiente del orden de 6,1 MPt, atribuibles al consumo evitado de combustibles fósiles para la obtención de materias primas, a la liberación directa de los clorofluorocarburos (CFC) y en baja proporción, a los desechos sólidos causados por no ser dispuestos adecuadamente.
- Según expertos españoles, la mejor etapa para identificar las categorías de impacto más afectadas es en la Normalización, acorde a esta línea de pensamiento, las categorías más afectadas son Combustibles fósiles con $6,72E4$, Respirados inorgánicos con $1,78E4$ y la categoría de cambio climático con $4,31E3$ conforme la Figura 3.37.
- Respecto a la metodología de ACV, uno de los pilares fundamentales es la accesibilidad y calidad de la información, ya necesaria para modelar el inventario. En nuestro caso, los consumos energéticos de las máquinas se complicó por el hecho de no disponer de un registro de máquinas, potencias y/o consumos para cada línea específica de producción.
- La metodología de ACV es desconocida en el área industrial, con lo cual se está perdiendo la oportunidad de actuar específicamente en los procesos que más demanda de materiales y/o energía poseen para poder orientarse a un eco-diseño con importantes ahorros en costos.
- Los proyectos de sustitución de aparatos ineficientes no son solo económicamente viables, como se muestra en el perfil de proyecto, sino también ambientalmente viables tal como se demuestra en el presente estudio.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis de este proyecto, incluyendo un escenario donde entren en operación los proyectos hidroeléctricos que actualmente están en construcción, mismos que cambiarían el Mix energético ecuatoriano y disminuirían los impactos ambientales asociados a la generación de energía eléctrica.
- Se recomienda al fabricante estudiar la factibilidad de migrar el consumo de Gas Licuado de Petróleo utilizado en el horno de curado de pintura, a un horno eléctrico o de gas natural que actualmente está siendo una fuente energética de bajo costo en nuestro país.
- Al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable se recomienda adquirir bases de datos actualizadas en temas de energía y sus procesos de transformación para realizar estudios de Análisis de Ciclos de Vida de los diferentes proyectos a cargo del Ministerio.
- En un futuro no muy lejano, se debe impulsar la creación de bases de datos propias de nuestra región, ya que al momento no existe ninguna disponible a nivel de sudamérica.
- Se recomienda tener un procedimiento de seguimiento y monitoreo muy cuidadoso para los Gestores Ambientales en el proceso de Chatarrización, ya que los CFC por su alto poder contaminante no deben ser liberados a la atmósfera.
- Por último, se recomienda a toda persona que desee empezar a utilizar el Software SimaPro para ACV, revisar el manual tutorial con un ejemplo muy explicativo para realizar un estudio de este tipo desde cero, mismo que se encuentra en la ayuda del software.

BIBLIOGRAFÍA

- **ISO.** Norma NTC-ISO 14040. Gestión Ambiental, Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco de Referencia, 2003
- **ISO** Norma NTC-ISO 14041. Gestión Ambiental, Evaluación del Ciclo de Vida. Definición del Propósito y del Alcance y Análisis del Inventario, 2000.
- **ISO.** Norma NTC-ISO 14042. Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida. Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida, 2003
- **ISO.** Norma NTC-ISO 14043. Gestión Ambiental, Análisis del Ciclo de Vida. Interpretación del Ciclo de Vida, 2003
- **INEN.** Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE-INEN 035, Eficiencia Energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado, 2009
- **Capuz Rizo, Salvador and Gómez Navarro, Tomás.** *Ecodiseño, Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles.* Valencia, España : Alfaomega Grupo Editor, S.A. De C.V., 2004.
- **Ulrich, Karl T. and Eppinger, Steven D.** *Diseño y Desarrollo de productos.* México D.F, México : Mc Graw Hill, 2009.
- **Rosenthal, Stephen R.** *Diseño y Desarrollo Eficaces del Nuevo Producto.* México D.F, México : Mc Graw Hill, 1992.
- **Aranda Usón, Alfonso.** El Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de gestión empresarial. Zaragoza, España : FC Editorial, 2006.
- **PRYSMA Calidad y Medio Ambiente S.A.** *Guía Práctica para la Aplicación del Ecodiseño.* Zaragoza, España : Cepyme, 2008.
- **Díaz Matín, Ricardo, et al., et al.** *Producción en Ciclo Cerrado.* España : Escuela Politécnica Superior San Pablo, 2012.

- **Rodriguez Molina, José.** Tesis - Estudio sobre la Evolución Tecnológica del consumo de Energía en Refrigeradores Domésticos". México : Universidad Autónoma Metropolitana, 2006.
- **Cengel, Yanus A.** *Heat Transfer*. Segunda. México : McGraw - Hill, 2004.