

Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez
Dpto. de Ingeniería Industrial.

**Título: “Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto
Grupo Electrógeno de Cruces con enfoque de Análisis
de Ciclo de Vida en la Empresa de Ingeniería Diseño y
Arquitectura de Cienfuegos.”**

Trabajo de Diploma

Autora: Llenia López Hernández.

Tutor: MSc. Ing. Berlan Rodríguez Pérez.



Cienfuegos
2009



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de: Ingeniería Industrial autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Llenia López Hernández
Autora.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos referidos a la temática.

Departamento de Ingeniería industrial

MSc. Ing. Berlan Rodríguez Pérez
Tutor.

Información Científica Técnica.

Computación.

Agradecimientos.

No puedo dejar de agradecer a un grupo importante de personas, que han hecho posible que yo hoy esté aquí.

Primero a mi madre, sin ella no lo hubiera logrado, porque a ella le debo todo lo que soy...

A mi papá y mi hermano que los adoro... Gracias, a mis abuelas y abuelo, a todos mis tíos y primos.

A mi tutor Berlan por su ayuda profesional... Gracias.

Quiero también agradecer especialmente a alguien que ha estado a mi lado incondicionalmente, que me dio su apoyo, su ayuda, su amistad... esa persona es Edilia... Gracias.

Gracias a Aníbal Barrera... siempre he sabido que se puede contar con usted... Gracias mi amigo

A Jandry, mi amigo, mi hermano, gracias... esto lo empezamos juntos y juntos lo terminamos... a Dayanny su esposa y sus padres... Gracias.

A Yudeimy, por todos los momentos buenos y difíciles que hemos pasado juntas en la beca... Gracias

A mis dos hermanas: Raiza y su esposo Amaury, a Lanay y familia... gracias por su comprensión...

Y quiero dar un agradecimiento muy especial a alguien que siempre me ofreció su apoyo, me ayudó profesionalmente sin condiciones durante estos cinco años, no solo a mí, a industrial quinto año y a todo el que necesitara su ayuda, esa persona es Mailiú... Gracias sinceramente.

Agradezco también a todo ese aguerrido colectivo de la EDIN, no menciono nombres por si se me queda alguien...ustedes son únicos... Gracias por haberme hecho sentir tan bien entre ustedes.

Y en general a todos mis compañeros de aula, los que llegamos al final y los que no, porque estos cinco años fueron únicos y han sido los mejores...

A todos Gracias...

Dedicatoria:

Especialmente a mi mamá y mi papá.

Síntesis.

El presente trabajo titulado “Evaluación de Impacto Ambiental del Proyecto Grupo Electrógeno de Cruces con enfoque Análisis de Ciclo de Vida en la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos”, tiene como objetivo realizar un Análisis de Ciclo de Vida al proyecto antes mencionado, para cuantificar los impactos ambientales que este ocasiona a lo largo de su ciclo de vida y para esto se apoya de técnicas propias de ingeniería industrial como: mapa de proceso, diagrama de flujo, Análisis de Ciclo de Vida y planes de control.

Para la realización de este trabajo fue necesario apoyarse en técnicas de recopilación de información tales como: la entrevista personal, la revisión bibliográfica, la tormenta de ideas y el trabajo de equipo en general, que sirvieron de apoyo a las herramientas anteriormente mencionadas.

Para el desarrollo de la investigación se tomó como referencia la metodología de Análisis de Ciclo de Vida que aparece en la norma ISO 14040: 2000, complementándose con los métodos de evaluación de impacto ambiental seleccionados, permitiendo cuantificar los impactos que genera el proyecto antes mencionado a lo largo de su ciclo de vida y constituyendo a su vez un aporte valioso para demostrar la necesidad de una herramienta que mida impacto ambiental.

Tabla de contenido.

Tabla de Contenido.

Introducción.....	8
Capítulo 1: “Marco Teórico sobre Análisis de Ciclo de Vida.”	12
1.1 Reseña Histórica sobre Análisis de Ciclo de Vida (ACV).....	12
1.2 Ventajas de aplicar ACV.	15
1.3 Consideraciones teóricas y conceptuales sobre Análisis de ciclo de vida.	15
1.4 Generalidades de la metodología de ACV.	18
1.5 Definiciones conceptuales dentro de la metodología de análisis de Ciclo de Vida.	18
1.5.1 Definición de Objetivos y Alcance de ACV.	19
1.5.2 Límites del sistema.....	19
1.5.3 La parte fundamental de ACV: Unidad Funcional.	21
1.5.4 Análisis de Inventario.	23
1.5.5 Recolección de datos.	23
1.5.6 Requisitos de calidad de los datos.	24
1.5.7 Elementos de la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV).	28
1.6 Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV).	30
1.7 Métodos de Evaluación de Impacto.....	35
1.7.1 EPS (Environmental Priority Strategy).....	35
1.7.2 IMPACT 2002.	38
1.7.3 Ecoindicador 99.....	39
1.7.4 EDIP (Environmental Design of Industrial Products).....	40
1.7.5 Método del centro de estudios Ambientales (CML).....	41
1.8 Análisis de Ciclo de Vida. Contexto internacional.	41
1.8.1 Aplicación de ACV en Estados Unidos.	41
1.8.2 Estudio de ACV en la Universidad del Nordeste de Argentina.	42
1.9 Análisis de Ciclo de Vida en Cuba.	44
Conclusiones Parciales.....	45
Capítulo 2: “Caracterización del objeto de estudio y metodología a utilizar.”	46
2.1 Caracterización General de la Empresa de Diseño e Ingeniería Cienfuegos.	46
2.2 Breve Análisis de la planificación y ejecución de un proyecto.	52
2.3 Necesidad de aplicar un estudio de Análisis de Ciclo de Vida en la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos.	53
2.4 Metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).	55
2.4.1 Definición del Objetivo y Alcance.....	58

Tabla de contenido.

2.4.2	Análisis de Inventario.....	58
2.4.3	Sistema de producto.....	59
2.4.4	Proceso unitario.....	59
2.4.5	Categoría de los datos.	60
2.4.6	Función, Unidad funcional y flujo de referencia.....	60
2.4.7	Límites iniciales del sistema.....	60
2.4.8	Criterios para la inclusión inicial de entradas y salidas.	61
2.4.9	Requisitos de calidad de los datos.	62
2.5	Evaluación del impacto del ciclo de vida.	63
2.6	Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental seleccionados.	64
2.6.1	Ecoindicador 99.....	65
2.6.1.1	Normalización Ecoindicador 99.	67
2.6.1.2	Ponderación Ecoindicador 99.	68
2.6.2	EDIP (Environmental Design of Industrial Products).....	71
2.6.2.1	Normalización EDIP.	73
2.6.2.2	Ponderación EDIP.....	73
2.6.3	IMPACT 2002.	74
	Conclusiones Parciales.....	79
	Capítulo 3: “Aplicación de la metodología propuesta y evaluación de impactos.”.....	80
3.1	Definición del objetivo y alcance.....	80
3.2	Análisis del inventario.....	80
3.2.1	Sistema de productos.	80
3.2.2	Categoría de los datos.	81
3.2.3	La unidad funcional.	81
3.2.4	Límites del sistema.....	81
3.2.5	Criterios para la inclusión inicial de entradas y salidas.....	82
3.2.6	Requisitos de calidad de los datos.	82
3.2.7	Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida con Ecoindicador 99.	85
3.2.8	Evaluación de Impactos con el método EDIP.	86
3.2.9	Evaluación de Impactos con el método IMPACT 2002.....	87
3.2.10	Propuesta del plan de mejoras en función de los principales impactos ambientales detectados a lo largo del ciclo de vida del Proyecto: Planta de Grupos Electrónicos de Cruces.....	104
	Conclusiones Parciales.....	102

Tabla de contenido.

Conclusiones Generales	106
Recomendaciones	107
Bibliografía	108
Anexos	¡Error! Marcador no definido.

Introducción.

Introducción.

El crecimiento económico y la protección ambiental son aspectos complementarios. Sin una protección adecuada del medio ambiente, el crecimiento se vería desvirtuado, y sin crecimiento real fracasaría la protección ambiental. Afortunadamente, esos efectos adversos pueden reducirse en forma pronunciada y si las políticas e instituciones son eficaces, el aumento de los ingresos debiese proporcionar los recursos que se requieren para una mejor previsión ambiental. En este sentido, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) constituye una herramienta de prevención que, apoyada por una institucionalidad acorde a las necesidades de los distintos países, fortalece la toma de decisiones a nivel de proyectos, ya que incorpora variables que tradicionalmente no habían sido consideradas durante su planificación, diseño o implementación.

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso destinado a mejorar el sistema de toma de decisiones, y está orientado a garantizar que las opciones de proyectos en consideración, sean ambiental y socialmente sostenibles. Se entiende como EIA el conjunto de estudios y sistemas técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad causa sobre el medio ambiente

En el contexto actual, se entiende como un proceso de análisis que anticipa los futuros impactos ambientales, negativos y positivos de acciones humanas, permitiendo seleccionar las alternativas que, cumpliendo con los objetivos propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados.

Cada vez más, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) está siendo vista como un mecanismo clave para lograr que la sociedad civil participe, y así se involucre en el proceso de decisión. Ha demostrado ser una herramienta fundamental para mejorar la viabilidad a largo plazo de muchos programas y proyectos. Además, su uso puede contribuir de manera definitiva, a evitar errores u omisiones que pueden implicar altos costos ambientales, sociales y/o económicos.

Cualquier método de evaluación, ambiental, económico o social debe tomar en cuenta el ciclo de vida completo del sistema a evaluar, desde la extracción de materiales, producción, uso, reciclaje y disposición final, es decir tener un enfoque sistémico. El enfoque de ciclo de vida es un prerequisite para cualquier evaluación sólida de sustentabilidad, esto permitirá evitar que se transfieran impactos a la sociedad, a la economía o al ambiente o en otras partes o etapas del sistema analizado. Pero tener esta perspectiva de ciclo de vida no es suficiente, ya que es

Introducción.

preciso conocer la magnitud de los riesgos y oportunidades, y para ello son necesarias las herramientas cuantitativas.

Sin duda La metodología de ACV da respuesta a estas complejidades por medio de su estructura para calcular cuantitativamente una medida que permita analizar el perfil ambiental integralmente, además de que en la actualidad ya permite también analizar perfiles socio-económicos.

Esta nueva forma de actuar hacia un futuro, que se basa en los principios del desarrollo sostenible, está asumiendo también un carácter estratégico en ciertos sectores productivos, ayudándoles a conquistar nuevos mercados de una economía cada vez más globalizada.

Para Cuba, hoy es todo un reto poder implantar en sus empresas estudios de ACV, porque esta además de hacer una mejora medioambiental a cualquier proceso o producto, también es mucho más amplia y abarcadora que algunas de las demás herramientas de Gestión Ambiental. El ACV, permite a las empresas, tener un enfoque proactivo, es decir, conocer los daños que generan con el diseño de un producto, proceso o servicio antes que estos impacten al ambiente o al propio hombre.

Este último señalamiento es sumamente importante, porque en el caso de empresas que produzcan un producto, se le puede aplicar cualquier herramienta de EIA para conocer los impactos ambientales que genera dicho producto, se rediseña en función de esto o se cambia por otro producto que supla las necesidades del cliente, y listo. ¿Pero que sucede con las empresas de la construcción? A nuestro país le resulta imposible asumir el tema de la construcción sosteniendo una correcta posición ambiental, sin aplicar un estudio de Análisis de Ciclo de Vida, que permita hacer una evaluación de los futuros daños y un análisis exhaustivo de optimización de los recursos.

Por tanto, se hace necesario que las empresas de la construcción, apliquen este tipo de estudio a todas sus obras, esto ayuda al uso racionalizado de los materiales, de manera que se maximicen los beneficios y se minimicen los costos y sobre todo, los impactos no deseados.

El sector de la construcción en estos últimos años ha llevado y aún lleva sobre sus hombros, el peso de los Programas de la Revolución, la construcción de viviendas a los médicos colaboradores que cumplen misión internacionalista, la construcción de viviendas a las personas afectadas por los organismos tropicales, la conservación de obras de construcción de

Introducción.

interés histórico y cultural, en fin diversas son las obras que responsabilizan al sector de la construcción en nuestro país.

La Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos, no está exenta del análisis hecho anteriormente y en estos momentos se encuentra inmersa en el proceso de implantación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA).

Esta se encargada de llevar a cabo la tarea de diseñar todos los proyectos de construcción a empresas estatales de la provincia de Cienfuegos y hasta la fecha tiene como promedio 17 contratos y suplementos de proyectos por mes en un año. En el 2007 culminó con 201 proyectos terminados, en el 2008, 149 y en el 2009 hasta la fecha tiene 56 y en ninguno de estos proyectos, ni en los de años anteriores, está contenida una herramienta o metodología que les permita determinar el impacto ambiental que se genera con la ejecución de sus diseños.

Por lo que esta investigación se plantea como **Problema Científico**: ¿Cómo realizar la cuantificación de los impactos ambientales que generan los proyectos diseñados por la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos?

El planteamiento anterior conlleva a definirse como **Hipótesis**: Si se aplica el Análisis de Ciclo de Vida a los Proyectos diseñados por la empresa objeto de estudio, se podrán cuantificar los impactos ambientales que estos ocasionan.

Por tanto, se plantea como **Objetivo general**: Realizar un Análisis de Ciclo de Vida al Proyecto Planta de Grupo Electrónico de Cruces, diseñado por la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos, para cuantificar los impactos ambientales que este ocasiona a lo largo de su ciclo de vida.

Para el cumplimiento de este objetivo es necesario llevar a cabo los siguientes **objetivos específicos**:

- Elaborar un marco teórico sobre la metodología Análisis de Ciclo de Vida, que sirva como referencia y proporcione las bases conceptuales fundamentales para el desarrollo de la investigación.
- Describir la metodología de ACV, según la Norma ISO 14040 que se complementa con cada uno de los métodos de evaluación de impacto ambiental seleccionados.
- Aplicar la metodología seleccionada, comparar los resultados a través de distintos métodos de evaluación de impacto y proponer un plan de mejoras.

Introducción.

La investigación consta de tres capítulos, conclusiones, recomendaciones y anexos. El primer capítulo aborda todo lo relacionado con las consideraciones teóricas abordadas en el trabajo. El segundo trata la caracterización general de la empresa, la necesidad de aplicar la metodología de ACV, además de exponer cada paso de esta metodología y los distintos métodos de evaluación de impacto a utilizar. El tercer y último capítulo, muestra el desarrollo de la aplicación de dicha metodología, así como la comparación de los resultados ofrecidos por los distintos métodos de evaluación de impacto ambiental y la propuesta del plan de mejoras.

Para el desarrollo de la investigación se utilizan herramientas propias de las tareas investigativas, como la observación, la consulta de documentos, la entrevista y el trabajo con expertos. Se emplean herramientas propias de Ingeniería Industrial que permiten dar respuesta a la problemática planteada, entre estas están, el mapa de procesos, diagrama de flujo y la herramienta de Gestión Ambiental Análisis de Ciclo de Vida.

Capítulo 1

Capítulo 1: “Marco Teórico sobre Análisis de Ciclo de Vida.”

En este capítulo se comprenderá toda la información referencial bibliográfica sobre Análisis de ciclo de Vida (ACV) que resulte de interés para el desarrollo y comprensión del presente trabajo. Se comienza con una reseña introductoria de cómo surge y se desarrolla el tema; se aborda el concepto de ACV dado por diferentes autores y se describen brevemente algunas de las diferentes metodologías de evaluación de impacto ambiental de ACV que se han aplicado en otros estudios, a partir del criterio de varios autores reconocidos, además se hace alusión a varios estudios en diferentes países que aplican esta herramienta. En la Figura 1.1 se presenta un hilo conductor, el cual sirve de apoyo para una mejor comprensión del capítulo y de la investigación en general.

1.1 Reseña Histórica sobre Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Los estudios en esta área se inician prácticamente en los años setenta de forma global y, en concreto, en el sector energético, como consecuencia de la reducción de recursos disponibles en el mercado a causa del embargo del petróleo. La mayoría de los estudios realizados durante este período todavía estaban localizados por sectores de producción nacional en España, y no a productos concretos.

En los años ochenta, en la mayoría de los estudios, los balances de energía, materia y residuos todavía se aplicaban de forma separada. En este período, las primeras mejoras metodológicas son aportadas por el Programa de Inventario de descargas de tóxicos aplicado en Estados Unidos y por los trabajos de la Sociedad de Toxicología Ambiental y Química (SETAC) relativos a los métodos internacionales de mejora de los efectos ambientales y el desarrollo de la metodología ACV.

En la década de los noventa, se avanza en la metodología de los ACV, siendo destacables las nuevas orientaciones de la SETAC respecto a sus diferentes fases. En la primera década del siglo XXI las acciones se centran en la aplicación generalizada mediante la gestión del ciclo de vida de los productos, un ejemplo es el programa Life Cycle Initiative. UNEP-SETAC. (UNEP) United Nations Environment Programme o Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (Rieradevall, 2009)

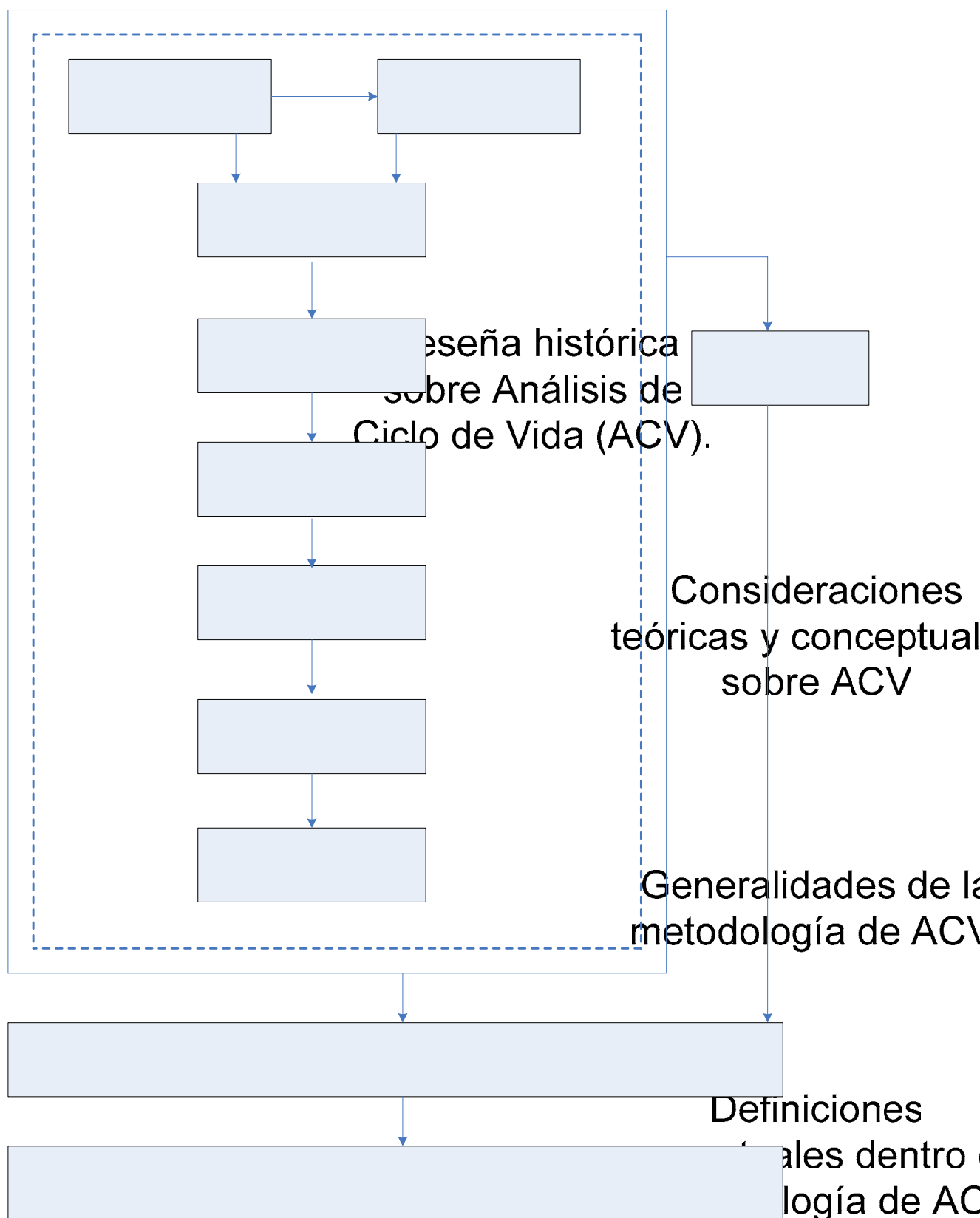


Figura 1.1 Hilo conductor. Fuente: Elaboración propia

Capítulo 1.

El ACV tiene un avance impresionante, sin embargo se reconoce que la técnica se encuentra en una etapa temprana de su desarrollo.

El análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto. Básicamente, se enfoca al rediseño de productos bajo el criterio de que los recursos energéticos y materias primas no son ilimitados y que, normalmente, se utilizan más rápido de como se reemplazan o como surgen nuevas alternativas. Por tal motivo, la conservación de recursos privilegia la reducción de la cantidad de residuos generados (a través del producto), pero ya que éstos se seguirán produciendo, el ACV plantea manejar los residuos en una forma sustentable desde el punto de vista ambiental minimizando todos los impactos asociados con el sistema de manejo (Forum Ambiental, 2003). (Romero, 2004).

El desarrollo del ACV se origina casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa. Si bien el primer ACV es realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental es disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Los estudios continúan durante los años setenta, y grupos como Franklin Associates Ltd. Junto con la MRI realizan más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía. (Romero, 2004)

Las mejoras en las herramientas de análisis ambiental de los productos han favorecido el cambio de una visión de análisis sectorial de los problemas a una integración general ("Ecobalance"). Este cambio favorece la aplicación de nuevos procedimientos en las empresas; por ejemplo, antes de iniciar un programa de mejora de los problemas ambientales, es necesario disponer de toda la información para poder cuantificar la magnitud de éstos y definir las soluciones con mayor seguridad. (Suplen y Bart, 2009)

En la actualidad, existe una fuerte dinámica de creación de modelos de ACV, favorecida por múltiples factores como son la regionalización de los criterios de calidad de emisiones, la definición de los límites de estudio y las mejoras tecnológicas.

Los métodos basados en el ACV han mostrado un gran potencial para realizar evaluaciones sólidas de sustentabilidad, ya que a pesar de que tradicionalmente el ACV se ha enfocado a los impactos por contaminación (ACV ambiental), se pueden ahora evaluar impactos socio-económicos, con un análisis de ciclo de vida económico y con el análisis de ciclo de vida social.

Capítulo 1.

1.2 Ventajas de aplicar ACV.

Aplicar esta metodología en cualquier empresa trae una serie de ventajas que posteriormente pueden aprovecharse para el desarrollo de otras actividades empresariales, por ejemplo; favorece la adopción de patrones de consumo y producción sostenible, el ahorro de costes al subsanar deficiencias en el aprovechamiento de materias primas, energía, agua, etc.

Además proporciona información que puede ser útil en aspectos como: la introducción de innovaciones en el diseño de producto-servicio, es de gran utilidad para el ecodiseño de productos y servicios; para elaborar los criterios requeridos para la obtención de la etiqueta ecológica o el etiquetado de productos ecológicos; facilita la implantación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA). También permite que el Sistema de Gestión de los Recursos Humanos aplique una planificación de estrategias ambientales, y si ya las tiene, pues el ACV permite que las mejore.

Además de todas estas ventajas ya enumeradas, no se puede dejar de mencionar una muy importante que es la mejora de la eficacia en los procesos productivos, en los productos y en los servicios.

El ACV puede aplicarse según (Santa María, 2006) en:

- Desarrollo de una nueva estrategia de negocio.
- Uso como herramienta para la toma de decisiones en la compra de productos ambientales.
- Diseño o mejora de un producto o proceso.
- Definición de un criterio de (Eco labelling) Etiqueta Ambiental (Tipo I y III).
- Comunicación sobre los aspectos ambientales de un producto.
- Rediseño de un servicio.

1.3 Consideraciones teóricas y conceptuales sobre Análisis de ciclo de vida.

A continuación se presentan algunos conceptos de Análisis de Ciclo de Vida, obtenidos de varias fuentes bibliográficas reconocidas:

El ciclo de vida está relacionado simultáneamente a los ciclos de vida del producto, del proceso de manufactura y de los servicios. Los ciclos de vida del producto y del proceso comparten una etapa común, que es la manufactura del producto (uso del proceso), como se muestra en la Figura 1.2 La norma ISO 14040 define al “ciclo de vida” como las etapas

Capítulo 1.

consecutivas e interrelacionadas de un sistema producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final. (Suppen y Bart, 2007).

Para definir la metodología de ACV, se utiliza la definición propuesta por SETAC. Esta organización profesional es fundada en 1979 como una asociación profesional multidisciplinar con miembros provenientes de la administración, la universidad y la industria. La misma ha tomado el liderazgo del desarrollo de la metodología del ACV tanto en Europa como en Estados Unidos. Sus siglas son Society of Environmental Toxicology and Chemistry.

El **Análisis de Ciclo de Vida** es una herramienta que permite evaluar los impactos ambientales de productos o servicios de una forma global porque considera todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final y todos los vectores involucrados. (Güereca, 2006).

El **Análisis de Ciclo de Vida** se considera un método fiable para evaluar las interrelaciones entre los sistemas de producción, productos o servicios y el medio ambiente. El ACV cuantifica, cualifica y valora los flujos de un sistema – entradas (materia y energía) y salidas (producto, coproducto, emisiones al aire, agua y suelo) – para posteriormente evaluar los impactos potenciales que estos causan al medio ambiente. Sus resultados entre otras funciones sirven como apoyo al desarrollo de productos considerados medioambientalmente correctos. (Cardim, 2001).

El **Análisis del Ciclo de Vida (ACV)**, de acuerdo a la Norma ISO 14040 (ISO, 1999), es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.

El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de: extracción y procesamiento de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final.

El **Análisis del Ciclo de Vida**, según (Rieradevall, 2009) es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental. El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en

Capítulo 1.

cuenta las etapas de: extracción y procesamiento de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final.

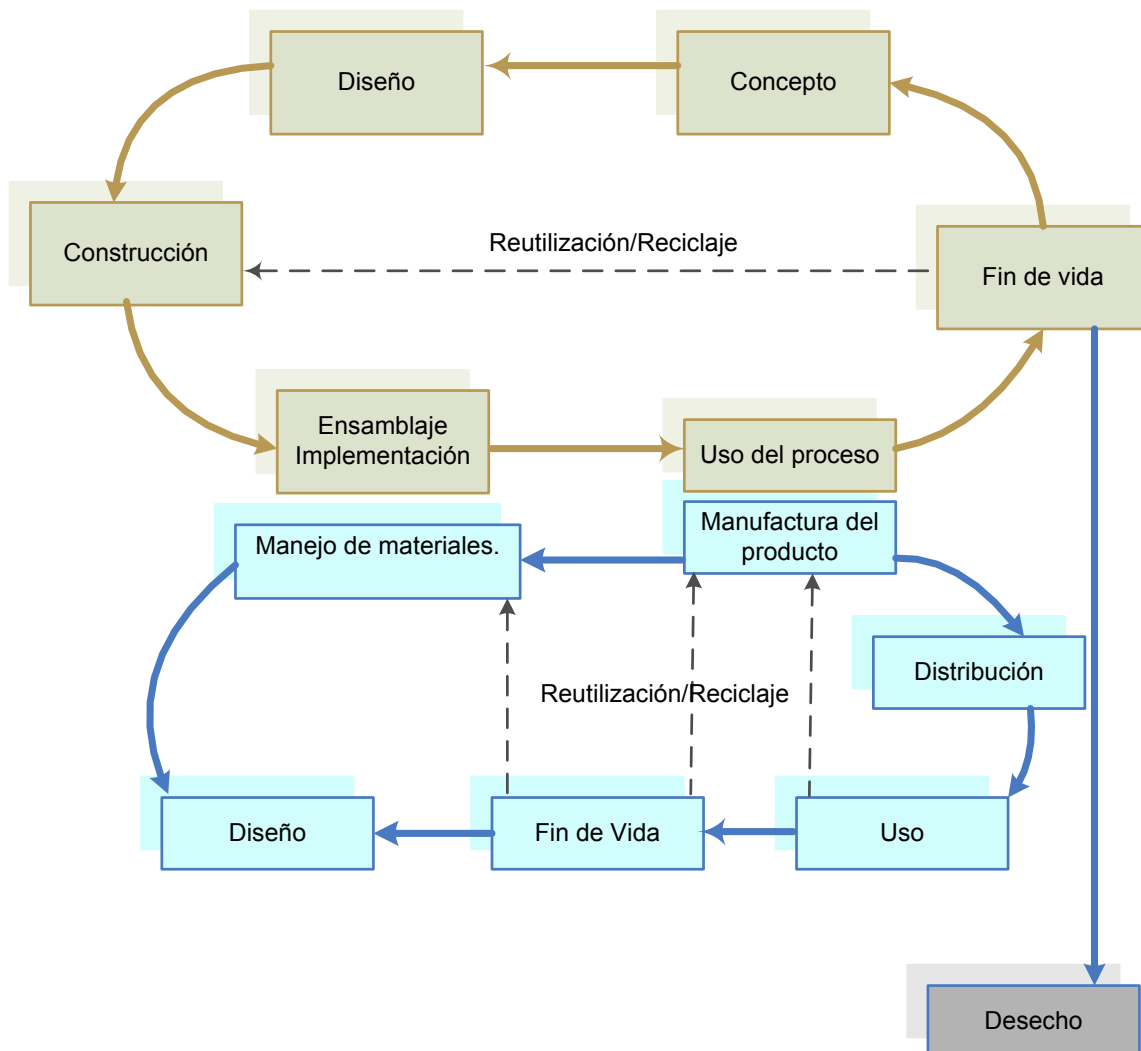


Figura 1.2: Fases del ciclo de vida de los procesos y los productos. Fuente: (ISO 14040: 1999).

Para (Suppen y Bart, 2007), **Análisis del Ciclo de Vida** es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental.

Como se puede apreciar existe concordancia entre los autores consultados en que el ACV es una técnica que permite determinar los aspectos ambientales de un producto, así como sus impactos,

Capítulo 1.

usando como herramienta un inventario de todo lo que entra y sale al proceso, para de esta forma poder evaluar los impactos potenciales que tiene este producto sobre el ambiente.

A consideración del autor del presente trabajo de investigación, **Análisis de Ciclo de Vida** es una herramienta que permite determinar los impactos potenciales que están asociados a un producto, y para ello se vale de un inventario inicial y final y estos resultados se interpretan en función de los objetivos del estudio.

Los objetivos globales que persigue un ACV según (Suppen y Bart, 2007) son:

- Suministrar un cuadro lo más completo posible de las interrelaciones de los procesos, productos y actividades con el medio ambiente.
- Identificar las mejoras ambientales.
- Obtener información ambiental de calidad, que facilite el dialogo constructivo entre los diferentes sectores de la sociedad preocupados por los temas de calidad ambiental.

1.4 Generalidades de la metodología de ACV.

El ACV es una técnica relativamente nueva y se hace popular a inicios de los años noventa, al comienzo muchas personas pensaron que ACV sería una herramienta útil para el apoyo de derechos ambientales a usarse en el marketing. Con los años se demuestra que esta no es la mejor aplicación para ACV, a pesar que sea importante comunicar los resultados de ACV de una forma cuidadosa y bien balanceada. (Suppen y Bart, 2007).

El análisis de ciclo de vida se considera un método fiable para evaluar las interrelaciones entre los sistemas de producción, productos o servicios y el medio ambiente. El ACV cuantifica, cualifica y valora los flujos de un sistema, entradas (materia y energía) y salidas (productos, coproducidos, emisiones al aire, al agua y al suelo), para posteriormente evaluar los impactos potenciales que estos causan al medio ambiente. Sus resultados, entre otras funciones, sirven como apoyo al desarrollo de productos considerados medioambientalmente correctos. (Suppen y Bart, 2007).

1.5 Definiciones conceptuales dentro de la metodología de análisis de Ciclo de Vida.

A continuación se explica mediante una serie de pasos, la estructura que sigue la metodología de ACV y en que consiste cada uno de estos pasos.

Capítulo 1.

1.5.1 Definición de Objetivos y Alcance de ACV.

Para tener claros y definidos los objetivos del análisis de ciclo de vida, es decir, del por qué se va a realizar el estudio, es necesario primero comparar nuestro producto/servicio con una norma estándar, para saber entonces si estamos bien o mal, y si es necesario hacer este tipo de estudio, ¿Hacia donde vamos a enfocarlo? Otro de los objetivos que como investigador se puede perseguir con este tipo de análisis, es mejorar un producto existente o diseñar uno nuevo, pero para llegar hasta este nivel es necesario manejar toda la información sobre el producto para posteriormente establecer estrategias. (Domínguez y González, 2008).

Para (Domínguez y González, 2008) los puntos más importantes a tener en cuenta son:

- Comparar productos o comparar con una norma o estándar.
- Mejorar un producto existente o diseñar nuevo producto.
- Información para establecer estrategias.
- Información sobre el producto.

La dimensión del estudio explica las selecciones metodológicas, suposiciones y limitaciones más importantes. En vista de que el ACV es un procedimiento iterativo, se inicia con selecciones y requisitos que pueden ser adaptados más adelante si hay más información disponible. (Suppen y Bart, 2007)

1.5.2 Límites del sistema.

Según la Norma ISO 14040, los límites del sistema definen los procesos unitarios a ser incluidos en el mismo. Idealmente, el sistema del producto se debe modelar de tal manera que las entradas y las salidas en sus límites sean flujos elementales.

Otra definición del término abordado anteriormente es la dada por (Domínguez y González, 2008), la cual plantea que los límites del sistema es decidir procesos y etapas del sistema que van a considerarse en el estudio. Es decir, hasta donde y en que medida se va a incluir o no un proceso, producto, materia prima, en fin cualquier tipo de entrada.

Para (Domínguez y González, 2008). los puntos más importantes a la hora de seleccionar los límites son:

- Alcance del proyecto.
- Hasta qué punto se debe analizar e incluir los datos.
- Marcar fronteras.

Capítulo 1.

Debido a su naturaleza global, un ACV completo puede resultar extensísimo. Por esta razón se es necesario establecer unos límites que deben estar perfectamente identificados. Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios deben incluirse dentro del ACV. Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y las limitaciones económicas y el destinatario previsto.

Dado que los límites del sistema constituyen una parte fundamental en el Análisis de Ciclo de vida, es importante considerar varios criterios de los diferentes autores para tener definido hasta donde es necesario hacer un ACV, es decir que vamos a incluir o excluir.

Aparte de los criterios para límites de sistemas, también se pueden usar ciertos límites en los cuales se considera inútil una entrada o una salida. (Suppen y Bart, 2007) en su Manual “Conceptos Básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su Aplicación en el Ecodiseño” recomiendan usar una o más de las siguientes bases:

- Si la masa de la entrada es inferior a cierto porcentaje. Por supuesto el problema es que eso solo funciona con materiales y no con las distancias de transporte y con energía.
- Si el valor económico de una entrada es menor a cierto porcentaje del valor total del sistema del producto. El problema con eso y el punto de vista anterior es que flujos con un valor bajo o con poca masa pueden tener impactos ambientales considerables.
- Si la contribución de una entrada a un problema ambiental es inferior a cierto porcentaje. Eso parece ser la selección más relevante. Sin embargo, el problema es que no se puede saber la contribución ambiental antes de la investigación. Una vez que haya sido investigada, uno se puede preguntar por que no debe ser usado. Otro problema consiste en el uso del término “carga ambiental” puesto que ISO no lo ha definido y no está muy claro si el uso de resultados aislados es permitido. Si no es así, se debe determinar la contribución de un flujo en contra de todos los datos relevantes y las categorías de impacto lo que puede ser un procedimiento bastante complejo.

Toda decisión de omitir etapas del ciclo de vida, procesos o entradas/salidas debe ser claramente indicada y justificada. Los criterios utilizados para fijar los límites del sistema deben dictar el grado de confianza necesario para garantizar que los resultados del estudio no estén comprometidos y que el objetivo de un estudio dado será alcanzado. (Suppen y Bart, 2007).

(Domínguez y González, 2008) consideran que los criterios de inclusión más importantes son:

Capítulo 1.

- Sólo materiales y producción de energía
- Materia prima, producción, transporte, etc.
- Todos, incluyendo equipo (máquinas – bienes capitales).

Otro de los autores que plantea criterios para los límites de inclusión es (Armada, 2006), los mismos se exponen a continuación:

Criterio 1: Se consideran solamente los componentes de peso mayor al 5% del producto.

Criterio 2: De cada componente se considera la etapa de fabricación, y siempre que sea asequible, la fabricación de sus propias materias primas.

El autor de esta investigación considera que de no ser posible realizar el ACV en toda su extensión, por lo costoso que puede tornarse; el especialista debe elegir los procesos que considere más importantes en cuanto a daño ambiental e impacto se refiere, en caso de que se esté hablando de procesos, también pueden ser productos.

1.5.3 La parte fundamental de ACV: Unidad Funcional.

La unidad funcional como bien se indica en el subtítulo es la parte fundamental de un estudio de ACV porque de esta depende una etapa importante del ACV que es la normalización, y para poder normalizar, primero es necesario definir la unidad funcional, entendiéndose por unidad funcional un número que permita establecer comparaciones y hacer referencias.

En la ISO 14040 se hace referencia a **Unidad funcional** como la cuantificación de la función de un sistema producto que se utiliza como unidad de referencia en el estudio del ACV.

La **unidad funcional** es el elemento clave del ACV y ha de ser definido claramente. Es la medida de la función del sistema estudiado y da una referencia de cuáles son las entradas y salidas relacionadas. Esto permite la comparación de dos sistemas diferentes. La definición de la unidad funcional puede ser difícil. Ha de ser precisa y suficientemente comparable para ser utilizada como referencia (Goest, 2006).

Unidad funcional: Unidad a la que se refieren todas las entradas y salidas del sistema. Puede ser de tipo físico o funcional. Ejemplos: 1 botella de agua, 1 parte de cajas de botellas de agua, dar 1 servicio de bebida a 1 conferencia, o distribuir agua potable a una población de 5.000 hab. (Armada, 2006).

La **unidad funcional** define numéricamente (en cantidad) las funciones identificadas. La unidad funcional debe ser consistente con el objetivo y el alcance del estudio. Uno de los propósitos

Capítulo 1.

principales de la unidad funcional es proveer una referencia con la cual normalizar los datos de entrada y de salida (en forma matemática). Por lo tanto la unidad funcional debe ser clara y medible. (Suppen y Bart, 2007).

Al comparar el criterio dado en la ISO 14040 con el de (Goest, 2006), (Armada, 2006) y (Suppen y Bart, 2007) se llega a la conclusión de que la unidad funcional debe reflejar cuestiones importantes como: el tiempo de vida del producto, alguna propiedad de carácter obligatorio que posea el producto y lo más importante es que debe ser cuantificable.

Función, unidad funcional y flujos de referencia.

Un sistema puede tener varias funciones posibles y la(s) seleccionada(s) para el estudio depende(n) del objetivo y alcance del ACV. La unidad funcional define la cuantificación de las funciones identificadas (características de desempeño) del producto.

A continuación se exponen a criterio de (Armada, 2006) un conjunto de Propiedades del producto que ayudan a definir la Unidad Funcional.

- Propiedades obligatorias que debe tener el producto para que sea considerado como una alternativa de mercado. Un empaque no debe escurrir.
- Propiedades de posicionamiento que se necesitan para tener una preferencia por parte del consumidor, un empaque puede ser de más fácil manejo que otro.
- Otras propiedades que no son de mercado, pero importantes para el consumidor, por ejemplo si un empaque se puede apilar fácilmente o es reciclable.

La unidad funcional define la cuantificación de estas funciones identificadas. La unidad funcional debe ser consistente con el objetivo y alcance del estudio. Uno de los propósitos primarios de una unidad funcional es proporcionar una referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizados los datos de entrada y salida. Por lo tanto, es necesario que la unidad funcional sea claramente definida y medible.

Por tanto, teniendo en cuenta estos criterios dados en la Norma ISO 14041, el autor de la presente investigación define unidad funcional como el elemento que proporciona la referencia mediante la que (matemáticamente son normalizados los datos).

Flujo de referencia se plantea en la norma ISO 1404 como la medida de las salidas necesarias de los procesos, en un sistema producto dado, requerida para cumplir la función expresada por la unidad funcional.

Capítulo 1.

1.5.4 Análisis de Inventario.

En la Norma ISO 14041 se establece que el análisis de inventario del ciclo de vida (ICV), comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema, tomando como referencia la unidad funcional. Esas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema a lo largo del ciclo de vida, es decir, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final. Las interpretaciones pueden sacarse de esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV. Esos datos también constituyen las entradas para la evaluación de impacto de ciclo de vida.

Otra definición del término tratado anteriormente es la dada por (Suppen y Bart, 2007), el cual plantea que el **Inventario del Ciclo de Vida** (ICV) básicamente consiste en la recolección y procesamiento de datos relacionados con la producción y uso de un producto específico. Para esto, el Análisis de Inventarios debe, en primera instancia, describir y simular el modelo particular del sistema del producto, luego permitir la adquisición de los datos requeridos y los cálculos subsecuentes de las figuras de entrada y salida para el sistema en sí o para cualquier otro subsistema definido. Por lo tanto, el ICV es el núcleo del ACV.

El autor de la presente investigación considera que en la práctica, el ICV es una larga lista de emisiones y recursos utilizados; el propósito de la evaluación del impacto del ciclo de vida, es determinar la importancia relativa de cada elemento del inventario y agregar las intervenciones en un conjunto de indicadores, o de ser posible, en un solo indicador global. Este paso permite identificar aquellos procesos que contribuyen de manera significativa al impacto global, o comparar productos o servicios.

La definición del objetivo y alcance de un estudio de ACV, constituye el eslabón inicial para iniciar un inventario de ciclo de vida. Un análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) tiene que ver con los procedimientos de cálculo y compilación de los datos. Es conveniente seguir los pasos operacionales descritos en la Figura 1.4, la cual muestra un procedimiento simplificado para el Análisis de Inventario de Ciclo de Vida. Para interpretar este procedimiento es necesario abordar acerca de la recolección de datos, cuestión que es tratada a continuación.

1.5.5 Recolección de datos.

(Armada, 2006) plantea que los datos para cada proceso unitario que se encuentra dentro de los límites del sistema se pueden clasificar dentro de los siguientes:

Capítulo 1.

- Entradas de energía, entradas de materia prima, y otras entradas físicas.
- Productos, co-productos y desechos.
- Emisiones al aire, descargas al agua y al suelo.
- Otros aspectos ambientales.

Estos aspectos se muestran en la figura 1.5

Los datos requeridos para un ACV dependen del objetivo y alcance del estudio. Tales datos pueden ser obtenidos en los sitios de producción asociados con los procesos unitarios dentro de los límites del sistema, u obtenidos o calculados a partir de fuentes publicadas.

Las entradas y salidas de energía deben ser tratadas como cualquier otra entrada o salida de un ACV. Las entradas y salidas de energía comprenden varios tipos: las entradas y salidas vinculadas a la producción y a la entrega de combustibles, energía de alimentación y energía de procesos utilizada dentro del sistema modelado.

Las emisiones al aire, al agua o al suelo representan a menudo descargas desde fuentes puntuales o difusas, después de pasar a través de dispositivos de control de emisiones. Esta categoría debe comprender igualmente, cuando son significativas, las emisiones fugitivas. Pueden también ser utilizados parámetros indicadores, por ejemplo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Otras categorías de datos para las cuales los elementos de entrada y de salida pueden ser compiladas incluyen, por ejemplo, ruido y vibración, uso del suelo, radiación, olor y pérdida de calor.

Al igual que la descripción de la categoría de los datos y la selección de los límites del sistema, la calidad de los datos es de suma importancia, no solo para el análisis de ciclo de vida, sino también para cualquier tipo de investigación, cuestión que es tratada en el siguiente epígrafe.

1.5.6 Requisitos de calidad de los datos.

Las descripciones de la calidad de los datos son importantes para comprender la fiabilidad de los resultados del estudio y para interpretar apropiadamente el resultado del mismo. Los requisitos de calidad de los datos deben ser especificados a fin de respetar el objetivo y alcance del estudio.

Se recomienda que la calidad de los datos sea caracterizada por aspectos cuantitativos y cualitativos, así como por métodos utilizados para captar e integrar esos datos.

Capítulo 1.

(Bakeas, 2006) recomienda incluir requisitos de calidad de los datos para los parámetros siguientes:

- Cobertura de tiempo: la edad deseada de los datos (por ejemplo, en los últimos cinco años) y la duración mínima (por ejemplo, un año) para compilar los datos.
- Cobertura geográfica: área geográfica en la cual es conveniente compilar los datos para los procesos unitarios con el fin de satisfacer el objetivo del estudio (por ejemplo, local, regional, nacional, continental, global).
- Cobertura tecnológica: mezcla de tecnologías (por ejemplo, media ponderada de la mezcla real de procesos, mejor tecnología disponible o peor unidad de operación).

Es necesario también tener en cuenta otros descriptores que definan la naturaleza de los datos, tales como: datos compilados en sitios específicos con relación a los datos de fuentes publicadas, y si es conveniente medir, calcular o evaluarlos.

Se recomienda que los datos de sitios específicos o los promedios representativos sean utilizados para los procesos unitarios que constituyen la mayor parte de los flujos de masa y de energía en los sistemas estudiados, determinados en el análisis de sensibilidad. Es conveniente igualmente utilizar datos de sitios específicos para los procesos unitarios que son considerados por tener emisiones vinculadas al medio ambiente.

En todos los estudios (Suppen y Bart, 2007) señala que los siguientes requisitos adicionales de calidad de los datos deben ser considerados con un nivel de detalle que depende de la definición del objetivo y alcance:

- Precisión: medición de la variabilidad de los valores de los datos para cada categoría de datos expresados (por ejemplo, varianza);
- Completamiento: porcentaje de sitios que reportan datos primarios con respecto al número potencial que existe para cada categoría de datos en un proceso unitario.
- Representatividad: evaluación cualitativa del grado en el cual el conjunto de datos refleja la población real de interés (por ejemplo, cobertura geográfica, período de tiempo y cobertura tecnológica).
- Consistencia: evaluación cualitativa de cómo la uniformidad de la metodología de estudio es aplicada a los diversos componentes del análisis.

Capítulo 1.

- Reproducibilidad: evaluación cualitativa de la medida en la cual las informaciones sobre la metodología y los valores de los datos permiten a un realizador independiente reproducir los resultados reportados en el estudio.

Luego de haber abordado aspectos relacionados con el inventario de ciclo de vida, necesarios para entender la etapa de Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida, se dedica un epígrafe a abordar este último.

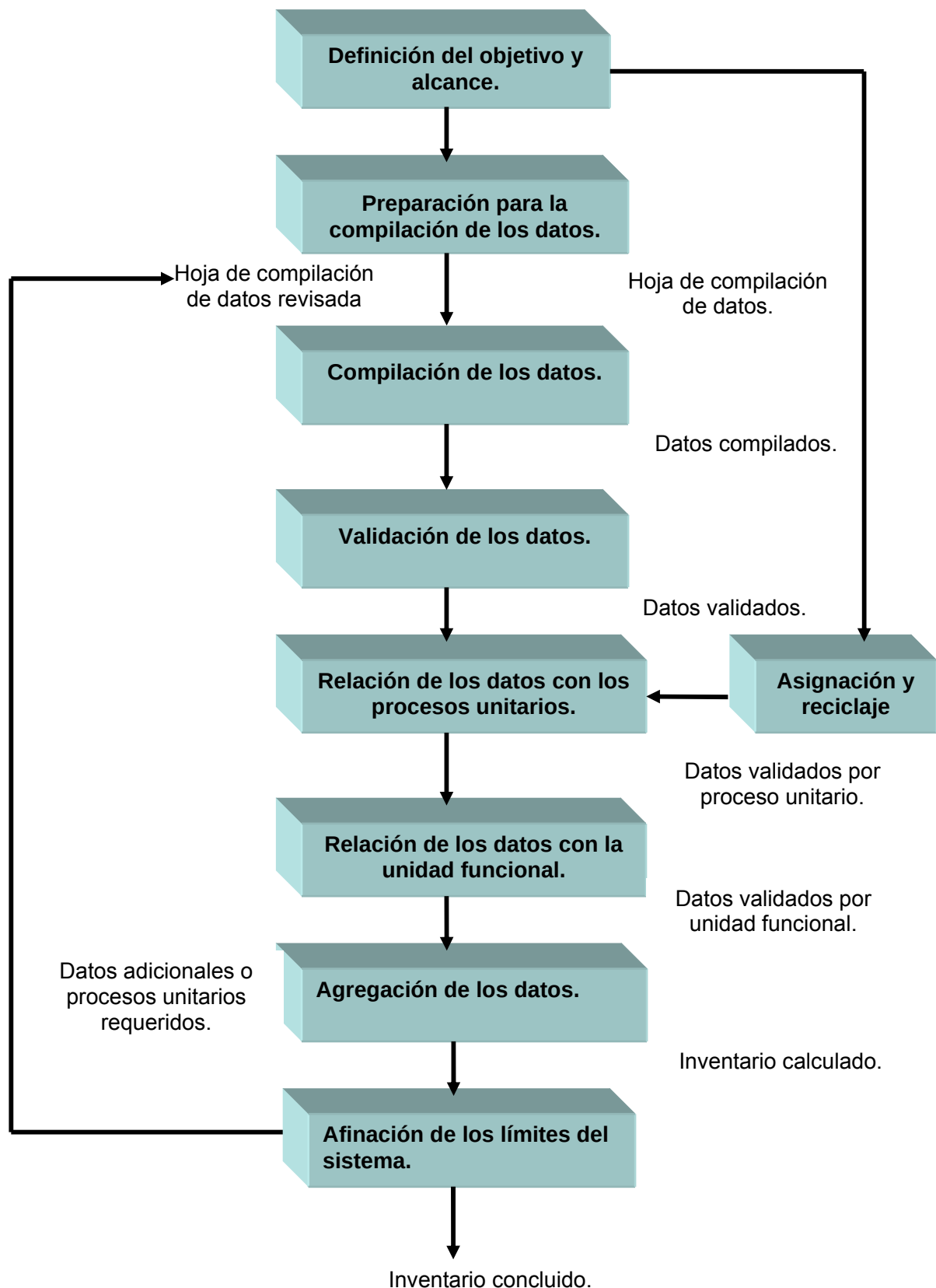


Fig. 1.4: Procedimiento simplificado para el análisis de inventario. Fuente: (NC ISO 14041: 2000).

Capítulo 1.

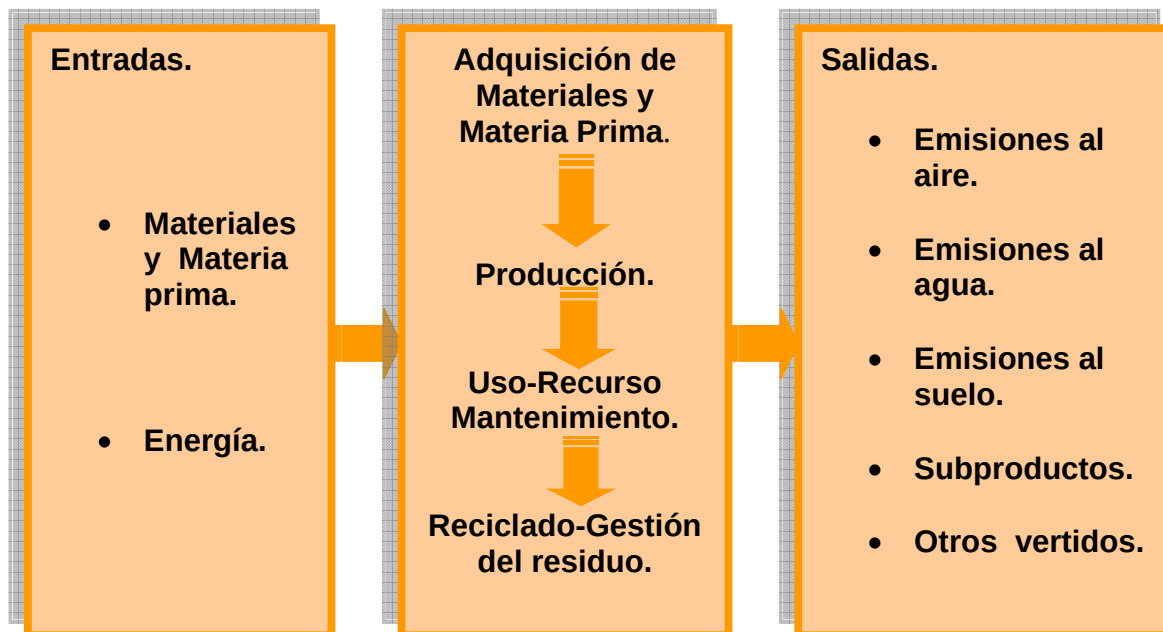


Figura 1.5 análisis del inventario. Fuente: (Armada, 2006).

1.5.7 Elementos de la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (EICV).

La EICV consta de tres elementos obligatorios: selección de categorías, clasificación y caracterización, con los cuales se obtiene el Perfil de la EICV y tres elementos opcionales: normalización, agrupación y pesaje. En la figura 1.6 se muestran estos elementos, algunos de los cuales son tratados a continuación:

Clasificación.

La clasificación es un elemento cualitativo del ACV en el que las entradas y salidas del sistema son asignadas a diferentes categorías de impacto ambiental y busca responder a la pregunta de cuáles impactos ambientales están relacionados con cada una de las entradas y salidas del sistema bajo estudio. (Suppen y Bart, 2007).

En la **Clasificación** se asignan los datos procedentes del inventario a cada categoría de impacto según el tipo de efecto ambiental esperado.

Caracterización.

El autor de la presente investigación considera que la caracterización consiste en la modelación mediante los factores de caracterización de los datos del inventario para cada una de las categorías de impacto.

Capítulo 1.

Factor de caracterización, según (Domínguez y González, 2008) es el Factor derivado de un modelo de caracterización que se aplica para convertir los resultados asignados del inventario de ciclo de vida a una unidad común del indicador de la categoría.

(Domínguez y González, 2008), también ofrece otro concepto de factor de caracterización que se expone a continuación.

Factor de caracterización es la fuerza de la sustancia medida en relación a una sustancia de referencia. (Domínguez y González, 2008)

El autor de la presente investigación, considerando estos dos criterios dados por el mismo autor, elabora un concepto que contiene los dos criterios y considera que se entiende de manera más completa.

Factor de caracterización es la fuerza de la sustancia medida en relación a una sustancia de referencia que se aplica para convertir los resultados asignados del inventario de ciclo de vida a una unidad común del indicador de la categoría.

A criterio de (Obis, 2006), el objetivo de la caracterización es aplicar modelos a las categorías de impacto para obtener indicadores ambientales.

Para (Domínguez y González, 2008) uno de los tres elementos obligatorios es la caracterización y en este las características más relevantes son:

- Los impactos son agregados en las categorías previamente definidas y se convierten los resultados del inventario en unidades comunes que permitan su agregación.
- Los modelos de caracterización reflejan el mecanismo ambiental que describe la relación entre los resultados del inventario de ciclo de vida, los indicadores de las categorías, y en algunos casos los “puntos finales” (daños).

Dentro del perfil del impacto de ciclo de vida se encuentra la normalización como un elemento opcional, pero no por eso deja de ser importante.

Es sabido que un ACV en toda su extensión es sumamente trabajoso y también puede ser costoso, pero llegar a la fase de normalización es sumamente importante, para esto es necesario saber lo que este elemento implica.

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

Capítulo 1.

mejor la magnitud relativa de los indicadores numéricos obtenidos en la caracterización. (Armada, 2006).

(Suppen y Bart, 2007) explican por **Normalización** la relación de la magnitud cuantificada para una categoría de impacto respecto a un valor de referencia.

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 o 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. (Armada, 2006).

Los **Objetivos de la Normalización**, según (Domínguez y González, 2008) son:

- Conocer las magnitudes relativas de los impactos ambientales potenciales.
- Presentar los resultados en una forma apta para la ponderación.

1.6 Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida (EICV).

La Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV), va dirigida a evaluar la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario. En general, este proceso implica la asociación de datos del inventario con impactos ambientales específicos tratando de valorar los mismos. El nivel de detalle, la elección de impactos evaluados y las metodologías usadas dependen del objetivo y alcance del estudio.

Según la NC ISO 14040 la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida es la fase del ACV dirigida al entendimiento y evaluación de la magnitud e importancia de los impactos ambientales potenciales de un sistema producto.

(Armada, 2006) plantea que en la evaluación de impactos las entradas y salidas se evalúan en un conjunto de categorías de impactos: eutrofización de las aguas, acidificación del medio, reducción de la capa de ozono, toxicidad, agotamiento de los recursos, etc. Incluye 4 pasos: clasificación, caracterización, normalización y valoración.

Como ya se ha comentado, la finalidad de la fase de evaluación de impactos del ciclo de vida (EICV) es la de interpretar el inventario, analizando y evaluando los impactos producidos por las cargas ambientales identificadas en éste. La evaluación de impactos se realiza de forma cuantitativa y cualitativa, determinando las partes del sistema que influyen más en el resultado final y que, por tanto, deben ser estudiadas con mayor profundidad. (Obis, 2006).

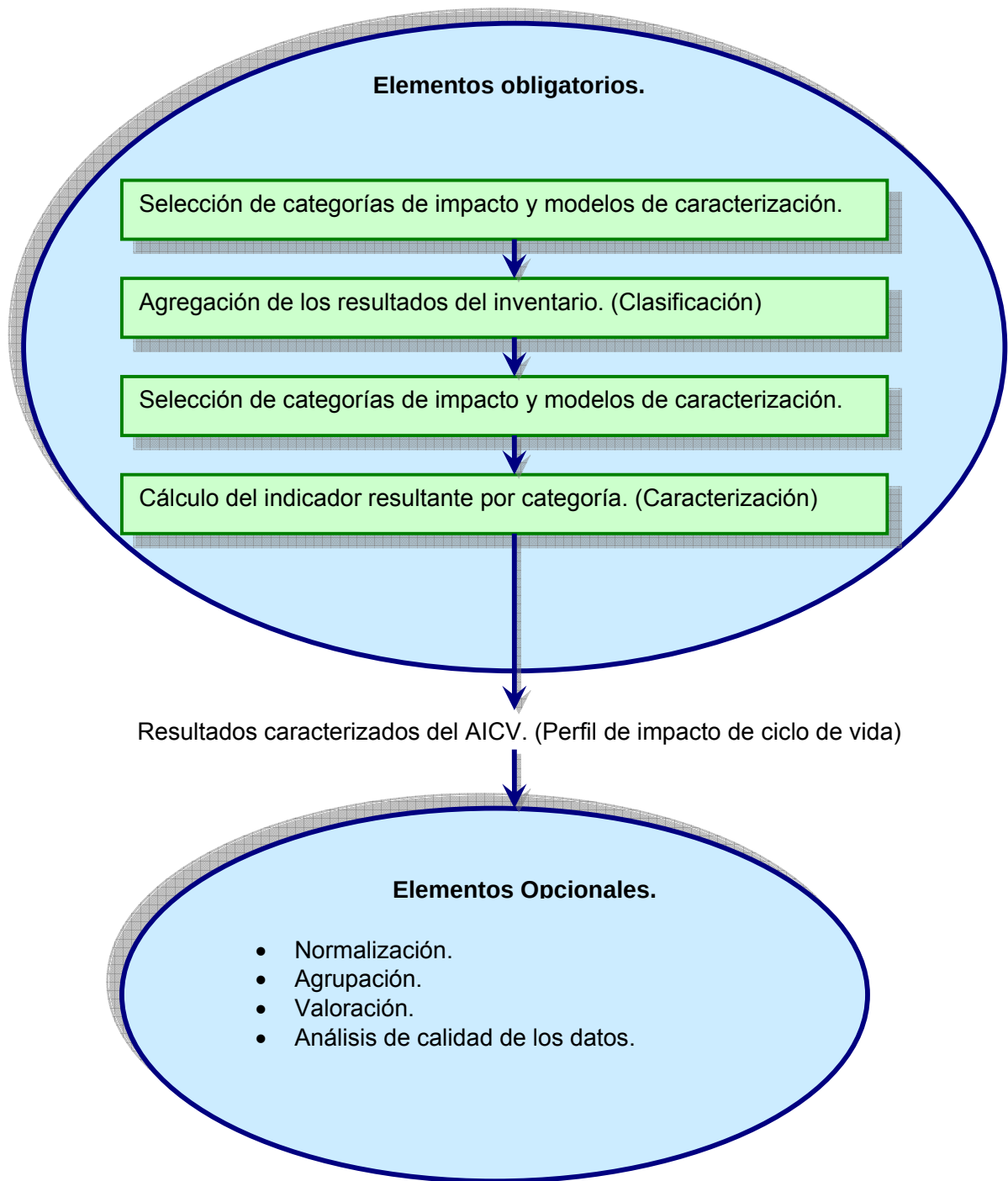


Figura 1.6: Elementos del impacto ambiental del ciclo de vida. Fuente: ISO 14042: 2000

Capítulo 1

Esta evaluación puede incluir el proceso iterativo de revisión del objetivo y alcance del estudio del ACV para determinar cuándo los objetivos del estudio se han cumplido y, en el caso de no alcanzarlos, para modificar el objetivo y alcance del estudio.

(Domínguez y González, 2008) señalan que la fase de evaluación de impacto puede incluir, entre otros, elementos como:

- Asignación de los datos del inventario a categorías de impacto (clasificación).
- Modelación de los datos del inventario dentro de categorías de impacto (caracterización).
- Posible agregación de los resultados en casos concretos y sólo cuando proceda (valoración).

Una vez se han detectado qué datos son los necesarios para el análisis, se procede a hacer el inventario de ciclo de vida. Primero se buscan y recogen aquellos datos que no están contenidos en las librerías de la herramienta y se introducen en los registros de los procesos de la forma en que se ha detallado en las secciones anteriores. Luego se desglosan los datos por categorías de impacto y se procede con los pasos de la metodología.

Para hacer la EICV es imprescindible contar con los datos de entrada al sistema que con anterioridad se obtienen a través del inventario. Luego se definen de estos datos, según el material, la composición y otros requisitos a que tipos de elementos impactan y el factor de caracterización que se utiliza para poder normalizar en caso de que los indicadores estén ubicados en el modelo de mecanismo ambiental como indicador de punto final.

Por lo que a continuación se ofrecen una serie de conceptos involucrados en la Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida.

- Resultado del inventario del ACV.
- Categoría de Impacto.
- Indicador de la categoría de Impacto de Ciclo de Vida.
- Factor de caracterización.
- Mecanismo Ambiental.

El resultado del inventario del ciclo de vida, obviamente no es necesario explicarlo, simplemente se trata de todas las entradas al sistema que se determinan.

Capítulo 1

Categoría de impacto.

Las categorías de impacto son clases que representan los problemas o preocupaciones ambientales hacia los cuales se deben asignar los resultados del Análisis de Inventario. (Domínguez y González, 2008).

A consideración del autor de la presente investigación, la definición de **categorías de impacto** responde a las áreas en las que el ciclo de vida de un producto tiene intervenciones en el ambiente y busca cubrir los aspectos más relevantes que interesan a una empresa, la sociedad en su conjunto o sus autoridades.

Para (Suppen y Bart, 2007) las categorías de impacto son generalmente de dos tipos:

- Categorías de agotamiento de recursos, que incluyen el agotamiento de los recursos abióticos, bióticos, uso de suelo, y uso de agua.
- Categorías de contaminación, que incluyen calentamiento global, toxicología humana y ecotoxicología, formación de ozono, acidificación, eutrofización, entre otras.

Cada categoría de impacto precisa de una representación cuantitativa denominada indicador de la categoría. La suma de diferentes intervenciones ambientales para una misma categoría, se hace en la unidad del indicador de la categoría. Mediante los factores de caracterización también llamados factores equivalentes, las diferentes emisiones ambientales de gases por ejemplo, también se convierten a unidades del indicador.

Después de conocer que es una categoría de impacto, es imprescindible conocer que es el impacto real y que es el impacto potencial.

Impacto Real e Impacto potencial.

Es importante comprender que es el impacto real y el potencial; por tanto, se debe distinguir entre el impacto real aquel que probablemente ocurrirá e impacto potencial es aquel que pudiera darse si se consideraran una serie de circunstancias, no siempre probables que así lo pudieran provocar. (Suppen y Bart, 2007).

Los métodos de análisis de impacto son originalmente desarrollados para analizar los impactos potenciales. Sin embargo, recientemente ha habido un cierto interés en desarrollar métodos que tengan en cuenta factores como por ejemplo la localización del impacto, con el objetivo de acercarse más a la realidad.

Capítulo 1

Indicador de la categoría de impacto del ciclo de vida.

Es la Representación cuantificable de una categoría de impacto, es decir, en que medida se va a trabajar; se trata de establecer numéricamente un valor que permita comparar a cualquier escala la categoría de impacto. (Domínguez y González, 2008).

Mecanismo Ambiental, según (Domínguez y González, 2008) es el sistema de procesos químicos, físicos y biológicos para una categoría de impacto, dado que relaciona los resultados del inventario de ciclo de vida a indicadores de la categoría y a los puntos finales de la misma (daños).

Grupos principales de indicadores de categoría.

De acuerdo a su ubicación en el modelo de mecanismo ambiental: (Domínguez y González, 2008).

- Orientados a Punto Intermedio (impactos).
- Orientados a Punto Final (daños).

A continuación se explica en que consisten los indicadores orientados a punto intermedio y a punto final.

Indicadores de punto intermedio.

Evalúan el impacto ambiental en puntos intermedios de los procesos ambientales, a partir de la emisión de una sustancia específica y su contribución a un problema ambiental específico, por ejemplo: acidificación, calentamiento global. (Domínguez y González, 2008).

Indicador de punto final.

Evalúan los daños que los impactos ambientales ocasionan en la salud humana, la de los ecosistemas y la disponibilidad de recursos en los puntos finales de los procesos ambientales (consideran aspectos como mortalidad, morbilidad, especies desaparecidas, etc.). (Domínguez y González, 2008).

Para comprender mejor estos aspectos a continuación se muestra en la figura 1.7 la ubicación de los mecanismos de punto medio y punto final.

Categoría de daño.

Es una categoría de punto final. Constituyen aspectos, atributos del medio ambiente, recursos o salud humana, identificando un problema ambiental de importancia o preocupación. (Domínguez y González, 2008).

Capítulo 1

Factor de caracterización es otro de los conceptos involucrados en la EICV, pero ya con anterioridad se había explicado como uno de los elementos de la Evaluación de Impacto del Ciclo de e Vida.

Después de haber explicado en que consiste la Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida, entonces se puede hacer referencia a los distintos métodos de evaluación de impacto que utiliza esta metodología de ACV y abordar de manera general algunos de ellos.

1.7 Métodos de Evaluación de Impacto.

Dentro de los métodos de Análisis de Ciclo de Vida que evalúan impacto ambiental hasta el punto de normalizar y ponderar los resultados se encuentran: Ecoindicador 99, LIME, Impact 2000, EPS 2000d, EDIP 97, EDIP 2003, JEPIX, (SWISS) ECOSCARCITY, entre muchas otras. En este capítulo se hará referencia a algunas de ellas como IMPACT 2002, ECOINDICADOR 99, EPS, CML, LIME, y se profundizará en la metodología EDIP 2003 por ser la que el autor considera más aplicable a nuestro contexto por sus parámetros y características.

1.7.1 EPS (Enviromental Priority Strategy).

El sistema de EPS se ha desarrollado para conocer los requerimientos de los procesos productivos del día a día, donde la preocupación por el medio ambiente es sólo uno entre varios otros. El desarrollo de la EPS sistema comenzó en 1989 sobre una petición de Volvo, y con la cooperación entre Volvo, el Instituto de Investigación Ambiental de Suecia (LIV) y la Federación Sueca de Industrias.

Desde entonces ha sido modificado varias veces durante los proyectos, que han participado varias empresas, como en la empresa sueca de productos Ecology Project y los países nórdicos. La última modificación se hizo en 1999 en el Centro de Evaluación Ambiental de Productos y Material de Sistemas, de CPM. (Oteen, 2002).

El sistema ha sido utilizado por empresas para el desarrollo de productos, pero también como un medio para encontrar los aspectos importantes en los sistemas de gestión medioambiental.

El proceso de desarrollo del producto se suele considerar como un proceso sistemático y hay varios métodos descritos en la literatura. Sin embargo, la realidad ofrece varios acontecimientos inesperados, los cambios sustanciales de los planes son comunes. En el principio el grado de libertad es alto y el bajo costo de los cambios. Como el proceso avanza el grado de libertad y reduce el coste de los cambios aumenta. Una herramienta, por tanto, tiene que ser rápido en el inicio del proceso y abarcar el mayor número posible de aspectos del medio ambiente, mientras

Capítulo 1

que poco a poco debe ser capaz de permitir un análisis más detallado y diversificado análisis en etapas posteriores. (Oteen, 2002).

Como consecuencia de los requerimientos para adaptarse a un entorno de desarrollo de producto todos los días, hay una demanda sobre el uso de un lenguaje que es fácil de entender sin demasiada formación. De lo contrario, el riesgo de hacer una herramienta que puede ser buena, pero no se utiliza, es alta. (Oteen, 2002).

La demanda sobre el sistema operativo que contiene una demanda sobre la utilidad y la rentabilidad. Los esfuerzos extraordinarios que el diseñador hace que debería traducirse en una mejora razonable para el medio ambiente y el producto.

El EPS se caracteriza por los aspectos siguientes:

- El sistema de EPS se utilizó por primera vez para Volvo en Suecia.
- No se basa en la política gubernamental, pero si en las estimaciones de las consecuencias financieras de los problemas ambientales.

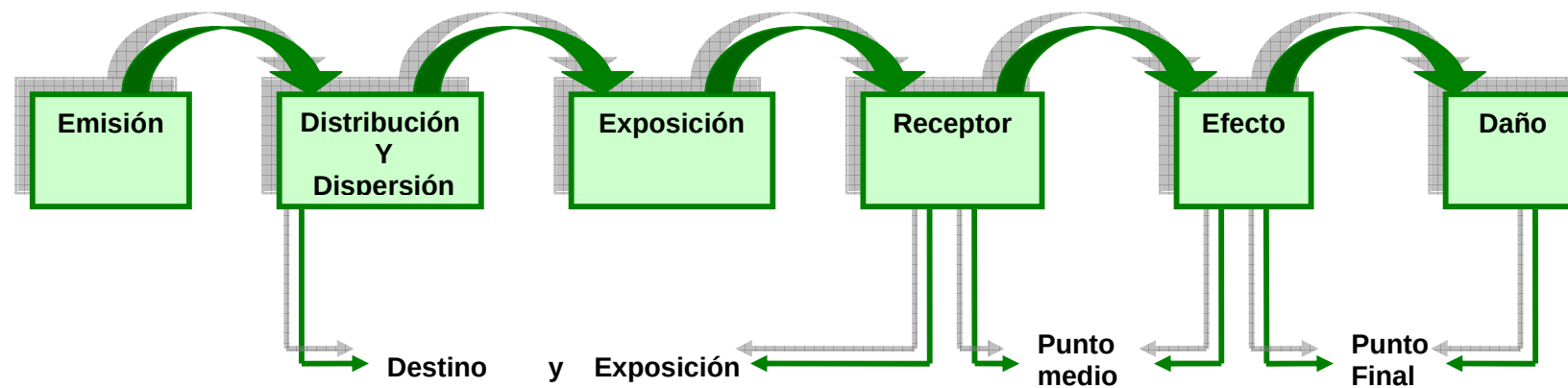


Figura 1.7: Ubicación de mecanismos de punto medio y final.” Fuente: (Domínguez y González, 2008).

Capítulo 1

Se trata de traducir el impacto medioambiental en una especie de gasto social. El primer paso es establecer los daños causados a una serie de - objetos que una comunidad considera valioso.

El siguiente paso es determinar en qué medida la comunidad está dispuesta a pagar por estas cosas, es decir, los costos sociales de la salvaguardia de los objetos se hayan establecido. Los gastos se suman a una sola cifra. El sistema EPS incluye tanto la clasificación o normalización.

Esta metodología tiene cuatro categorías de daño: salud humana, capacidad de producción del ecosistema, existencia de recursos abióticos y biodiversidad. (Oteen, 2002).

Además presenta 13 categorías de impacto, estas son: la esperanza de vida, morbilidad grave, morbilidad, graves molestias, molestia, capacidad de crecimiento de los cultivos, buena capacidad de crecimiento, pescado y la producción de carne, acidificación suelo, La capacidad de producción de agua de riego, capacidad de producción de agua potable, el agotamiento de reservas, extinción de especies . (Oteen, 2002).

1.7.2 IMPACT 2002.

La nueva metodología IMPACT 2002 hace una valoración de impacto de ciclo de vida y propone una puesta en práctica viable de una combinada punto medio/ enfoque de daño, vinculando resultados de existencias de ciclo de vida de toda clase (los flujos elementales y de otras intervenciones) a través de 14 categorías de punto medio a cuatro categorías de daño. Para el IMPACT 2002, los nuevos conceptos y los métodos han sido desarrollados, especialmente para la valoración comparativa de la toxicidad humana y ecotoxicidad. Los factores de daños humanos son calculados para carcinógenos y non- carcinógenos, dando trabajo a las fracciones de toma, los mejores cálculos aproximados de los factores de pista de dosis - respuesta, tan bien como severidades. La transferencia de contaminantes a la comida del ser humano ya no se basa en la encuesta de consumo, pero cuenta por la agricultura y el nivel de producción de ganado. Las emisiones de gases aéreas internas y al aire libre pueden ser comparadas y la calidad intermitente de la precipitación es considerada. La toxicidad tanto humana y el efecto de ecotoxicidad se basa en respuestas medias respuestas más que sobre la base de suposiciones conservadoras. Otras categorías medias son adaptadas de métodos existentes de la caracterización (Eco - indicador 99 y CML 2002). Todos los resultados del punto medio son expresados en unidades de una sustancia de referencia y se relaciona con las cuatro categorías de daño; la salud humana, la calidad de ecosistema, el cambio climático, y los recursos. La normalización se puede llevar a cabo en la mitad o en el nivel de daño. El método de IMPACT

Capítulo 1

2002 provee factores de caracterización para casi 1500 LCI (Inventario del ciclo de vida). (Jolliet, 2003).

El nuevo método del IMPACT 2002 LCIA propone una puesta en práctica más viable del método mencionado anteriormente sobre el enfoque punto medio/ daño. La estructura de la metodología del IMPACT 2002, vincula los resultados de LCI de toda clase, a través de 14 categorías de punto medio (la toxicidad humana, los efectos respiratorios, ionización de la radiación, la reducción de la capa de ozono, la oxidación de fotoquímica, ecotoxicidad acuática, ecotoxicidad terrestre, acidificación / nutrificación terrestre, acidificación acuático, Eutrofización acuático, ocupación de tierra, calentamiento global, energía no renovable, extracción de mineral) a cuatro categorías de daño (la salud humana, la calidad de ecosistema, el cambio climático, recursos). Una flecha significa que un sendero de impacto relevante es conocido o es asumido de existir. Un sendero de impacto incierto entre el punto medio y el nivel de daño que no son modelados cuantitativamente, son representados por flechas con puntos. (Jolliet, 2003).

1.7.3 Ecoindicador 99.

Eco indicador 95 y 99 son desarrollados en Holanda. En términos generales, el desarrollo de estos indicadores incluye un proceso de priorización de los impactos ambientales negativos que más afectan al país o región en donde se desarrollan. Posteriormente se seleccionan los materiales y procesos productivos más comunes y a cada uno se le asigna un puntaje basado en un análisis que toma en cuenta en el daño a la salud humana, biodiversidad y consumo de recursos naturales (Eco indicador 99) que ejerce el producto o proceso a lo largo de todo su ciclo de vida. El eco indicador es el resultado de la suma de los impactos y se expresa como un puntaje dado por kilogramo de producto. (Jiménez, 2008).

Este método tiene 3 categorías de daño, que estas son: Salud Humana, Calidad del Ecosistema y Recursos Naturales; y 11 categorías de impacto que son: Carcinógenos, Respiración de orgánicos, Respiración de inorgánicos, Cambio climático, Radiación, Capa de Ozono, Eco toxicidad, Acidificación/Eutrofización, Uso del Terreno, Minerales y Combustibles Fósiles.

¿Qué es un Ecoindicador?

Un ecoindicador es un parámetro que brinda información y/o tendencias de las condiciones de un fenómeno, en este caso particular, el fenómeno se refiere a la problemática ambiental. Un ecoindicador puede mostrar la rapidez en que se deforesta un país (hectáreas de bosque deforestado por área del país), o bien el consumo de recursos de un proceso productivo (litros de

Capítulo 1

agua por unidad de producto). Puede evaluar el desempeño ambiental de la gerencia de una organización (dinero invertido en tecnologías limpias por año). En fin son muchas las posibilidades de concebir un ecoindicador. (Jiménez, 2008).

1.7.4 EDIP (Environmental Design of Industrial Products).

Esta metodología es el resultado de un programa de investigación realizado durante 4 años por un equipo compuesto por la Technical University of Denmark, cinco compañías industriales danesas, la confederación de industrias danesa y la Agencia de Protección Medioambiental de dicho país.

Esta metodología propone el uso del ACV como herramienta clave de ayuda a la toma de decisiones de carácter medioambiental por parte del diseñador. Así aunque el ACV se considera generalmente como una herramienta de evaluación medioambiental, el EDIP realiza un esfuerzo de adaptación e integración de esta en el proceso de desarrollo de productos. Por este motivo las etapas en las que se estructura coinciden con las fases del ACV: objetivo y alcance, inventario, evaluación de impactos y propuestas de mejora. (Capuz, 2002).

Otra aportación de esta metodología consiste en resaltar (debido a la complejidad y laboriosidad del ACV) la necesidad de incorporar un experto medioambiental en el equipo de diseño de producto. Se considera que no se puede confiar en que el mismo equipo de diseño existente sea capaz de asumir con éxito responsabilidades ambientales sin más que una formación básica en el tema. (Colectivo de autores). (Capuz, 2002).

Environmental Design of Industrial Products (EDIP) es desarrollado en Dinamarca en 1996, enfocado al desarrollo de productos, recomienda evitar la asignación de cargas ambientales, relación entre causa y efecto, asigna los cambios ambientales a los procesos, el consumo de recursos se expresa como recursos 100% puros y los datos corresponden a procesos unitarios.

Este método presenta 7 categorías de impacto que son: calentamiento global, agotamiento de la capa de ozono, formación de ozono fotoquímico, acidificación, eutrofización, ecotoxicidad y toxicidad humana.

Terminando de abordar el contexto de la metodología de ACV, todos los conceptos referentes a esta y los diferentes métodos de evaluación de impacto, entonces esta investigación puede enmarcarse en el contexto internacional, para tener una visión más completa del asunto y referirse posteriormente al tema desde un enfoque más amplio; por lo que a continuación se

Capítulo 1

dedica un epígrafe a ejemplificar estudios de ACV que se hacen en diferentes países, además se habla de la aplicación de este tipo de estudio en Cuba.

1.7.5 Método del centro de estudios Ambientales (CML).

Esta metodología es desarrollada en la Universidad de Leiden en Holanda, es la base de la mayoría de los métodos de EICV. Ha sido actualizado en 2001 y la más reciente actualización en 2003, es compatible con los estándares ISO y la clasificación se basa en principios científicos, dentro de la comunidad de la SETAC. Está orientada a calcular categorías intermedias. Tiene 10 categorías de impacto: Eutrofización, Agotamiento de la capa de Ozono, Ecotoxicidad, Calentamiento Global, Acidificación, formación de SMIG Fotoquímico, Toxicidad humana, Uso de Energía, Residuos Sólidos y Reducción de Recursos Abióticos.

Luego de describir en qué consisten algunos de los métodos de evaluación de impacto, se hace necesario mencionar empresas y países que aplican la herramienta de ACV así como los métodos expuestos anteriormente, con el objetivo de tener una visión más amplia del tema y arribar a conclusiones.

1.8 Análisis de Ciclo de Vida. Contexto internacional.

El ACV, a pesar de ser una herramienta que aún está en su etapa de desarrollo, es una técnica novedosa y muchas instituciones, empresas y países la emplean para dar solución a sus problemas medioambientales. A continuación se muestran ejemplos donde se aplica el Análisis de Ciclo de Vida.

1.8.1 Aplicación de ACV en Estados Unidos.

El Foro Académico de la DES de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y el Instituto de Investigaciones sobre Recursos Naturales, UMSNH, Morelia, Michoacán, México, en 2005 publican su estudio sobre el sistema carretero de Estados Unidos y los impactos ambientales que trae consigo la construcción de estas. (Velasco y Fernando, 2005).

Se hace una estimación cuantitativa y cualitativa del impacto ambiental de la construcción y el mantenimiento de las carreteras en los Estados Unidos de Norteamérica. Se encuentra que este sector implica un gasto anual del orden de los \$ 94,000 millones de dólares, un consumo de energía de cerca de 3,300,000 Tera Julios, una emisión de gases de invernadero del orden de 275,000,000 Toneladas equivalentes de CO₂, y desechos tóxicos emitidos al aire de alrededor de 5,700,000 Kilogramos. (Velasco y Fernando, 2005).

Capítulo 1

A través de un análisis de efectos directos y secundarios, se encuentra una importante contribución contaminadora en este contexto de sectores tales como la fabricación de mezclas asfálticas, de la fabricación de cemento, de las refinerías de petróleo, de la Industria del papel y de los plásticos, de los fertilizantes Nitrogenados, etc. Se hace además una comparación con los efectos ambientales provocados por la economía nacional en su conjunto. En este sentido, la construcción y mantenimiento de carreteras representó un 1.97% de la actividad económica nacional, un 3.23% de consumo de energía, un 3.96% de emisión de gases de invernadero, y un 1.95% de desechos tóxicos al aire. Se comenta sobre posibles alternativas que mejoren la sustentabilidad en este sector. (Velasco y Fernando, 2005).

El sistema carretero en los Estados Unidos de Norteamérica (EUN) reviste una gran importancia dentro de la economía de ese país. Por un lado se tiene una gran red en funcionamiento, 6,408,408 Km. (3,982,000 millas en el 2002), y por el otro, se siguen construyendo nuevas carreteras, 30,578 Km. (19,000 millas en el mismo año). En ambas actividades se requieren trabajos de mantenimiento y de mejoras continuas. (Velasco y Fernando, 2005).

Una vez caracterizada la actividad económica de construcción, operación y mantenimiento de carreteras, se realiza el inventario de impactos ambientales correspondientes. Para ello, se considerarán impactos directos e indirectos dentro de la cadena total de sectores de la economía del país. Es decir, no sólo de los impactos directamente asociados a la construcción, operación y mantenimiento de carreteras, sino también a los demás impactos indirectos asociados, dentro de la economía nacional. Esto es posible por medio de una herramienta en línea creada para tales fines: Economic Input Output-Life Cycle. (Velasco y Fernando, 2005).

Utilizando el modelo "US 1997 Industry Benchmark" del EIO-LCA, se propone una actividad económica de \$63,876 millones de dólares para el sector #230230: "Construcción de carreteras, calles, puentes y túneles", y se registra el inventario resultante. Se sigue un procedimiento similar para el sector #230330: "Mantenimiento de carreteras, calles, puentes y túneles," para una actividad económica de \$30,636.638 millones de dólares. (Velasco y Fernando, 2005).

1.8.2 Estudio de ACV en la Universidad del Nordeste de Argentina.

En esta investigación se aborda sobre un área crítica del diseño desde la óptica de la vivienda social, que necesita minimizar costos de mantenimiento e inversión para garantizar adecuadas condiciones de habitabilidad.

Capítulo 1

Se introduce la mirada ambiental al tema de los materiales empleados en la construcción de viviendas en la región (enfocada la atención en la madera de bosques cultivados locales) y su impacto en el medio, tomando datos acerca del desempeño energético en servicio de la construcción en madera frente a la construcción con otros materiales más habituales en la región nordeste de Argentina (NEA). (Alías y Jacobo, 2007).

El objetivo general es aportar herramientas de análisis que contribuyan al desarrollo de conocimientos relacionados con la eficiencia energética-ambiental del sector edilicio residencial en la región NEA, a través de la comparación de dos tecnologías; por un lado, la del empleo de la madera de origen forestal mediante técnicas de construcción *en seco* y, por otro, la construcción tradicional mediante técnicas convencionales, de mampuestos o *húmedas*, en base al estudio del rendimiento energético en etapa de uso y al Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en toda la cadena productiva del sistema-producto, dentro de la cual que la etapa de uso es altamente significativa. (Alías y Jacobo, 2007).

Este trabajo hace énfasis en el tema de la construcción en madera, y sostiene que esta representa una alternativa constructiva más eficiente, económica y benigna desde el punto de vista ambiental con respecto a la construcción tradicional (mediante la técnica del mampuesto de fabricación local artesanal) de viviendas de interés social en el Nordeste de Argentina, lo que ha sido corroborado en alto grado en base a los resultados obtenidos a través de los procedimientos aplicados: simulación computacional de consumo de energía para el confort de viviendas, análisis de componentes de la envolvente mediante normativa del Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM) de habitabilidad higrotérmica y aplicación introductoria y aproximada al Análisis de Ciclo de Vida, según *norma ISO 14.040*.

La madera como material de construcción presenta la ventaja de ser reutilizable y reciclable, mediante procesos con un bajo costo económico y como recurso energético no desequilibra el balance ecológico del medio ambiente, siempre y cuando se establezcan los debidos ajustes de su adecuado aprovechamiento. (Alías y Jacobo, 2007).

Se utiliza el método del ACV para la identificación de aquellos materiales constitutivos de muros envolventes de viviendas con menores efectos ambientales negativos. Se cuantifican de modo aproximado los flujos entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos del ambiente natural o bien emitidos en él, calculando los requerimientos energéticos y materiales del sistema y la eficiencia energética de sus componentes, tropezando con la dificultad de que en el ámbito local y regional es muy poca la información que se puede

Capítulo 1

encontrar sobre los aspectos energéticos y ambientales de materiales edilicios. A pesar de ello, se logran definir los factores principales que influyen de manera decisiva en el perfil ambiental de los materiales empleados para materializar la envolvente lateral de las viviendas de la región. (Alías y Jacobo, 2007).

1.9 Análisis de Ciclo de Vida en Cuba.

A pesar de ser el ACV una herramienta que aún está en una etapa temprana de su desarrollo, se puede decir que Cuba va a la vanguardia en cuanto a estudios de este tipo. Se puede citar el caso de la Empresa Arrocera en la provincia de Holguín, que aplica esta herramienta, se realiza un análisis desde el punto de vista energético y su influencia sobre el medio ambiente, tomando como referencia la producción arroceras actual en la provincia de Granma, específicamente el estudio en el CAI arrocero Fernando Echenique.

También se destaca en este tipo de estudios La Universidad Central de las Villas, donde existen un grupo de doctores que han aplicado esta herramienta, se puede citar el caso de Elena Rosa Domínguez, directora del Centro de Estudios de Química Aplicada, que en entrevista hecha por Juventud Rebelde el 3 de junio de 2009, señala que este método, utilizado principalmente en el mundo desarrollado, está adquiriendo auge en Latinoamérica, y nuestro país, junto a Brasil y México, está en la avanzada.

El Centro de estudio de Química Aplicada, que dirige en el país la Red de Análisis de Ciclo de Vida, es el único a nivel nacional que cuenta con un programa computarizado, adaptado a nuestras particularidades, para realizar la investigación referida. (García, 2009)

Recientemente, especialistas del centro presentaron 11 trabajos en el Seminario Latinoamericano de Análisis de Ciclo de Vida efectuado en Chile que fueron elogiados por los participantes. Los trabajos expuestos tratan sobre el impacto en el medio ambiente de la industria azucarera, la generación de electricidad, producción de leche y arroz, entre otros. El mencionado centro de la Facultad de Química Farmacia realiza, en la región central, evaluaciones sobre los residuales líquidos, sólidos, gaseosos y tóxicos peligrosos. (García, 2009)

La doctora Elena Rosa precisó que a veces la falta de recursos impide acometer las inversiones para resolver definitivamente el problema que daña el medio ambiente, pero siempre, como resultado del trabajo, se aplican medidas que reducen los daños. (García, 2009)

Capítulo 1

Sin embargo, hasta ahora no se conoce ninguna Empresa perteneciente al Ministerio de la Construcción que aplique este tipo de herramienta. Por tanto esto constituye un nuevo reto para este Ministerio, lograr que sus empresas apliquen esta herramienta aprovechando sus particularidades y sus ventajas.

Conclusiones Parciales.

- Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que además de medir impacto ambiental, permite a las empresas que la apliquen tener una visión más amplia sobre sus procesos, productos o servicios; ésta, entre otras cosas, posibilita la implantación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), sirviendo este último como base para que se aplique un grupo de estrategias ambientales, además de que favorece la adopción de patrones de consumo y productos sostenibles.
- En el Análisis de Ciclo de Vida, el enfoque central es el producto y este implica agentes que no tienen que ser necesariamente procedentes de la industria que lo produce, precisamente este es uno de los objetivos de la herramienta, analizar el alcance y uso final del producto.
- Los distintos métodos que complementan el Análisis de Ciclo de Vida, presentan parámetros similares, que en función de características específicas de la población, de las especies y el entorno, permiten evaluar los impactos ambientales ocasionados por la actividad consiente del hombre.

Capítulo 2

Capítulo 2: “Caracterización del objeto de estudio y metodología a utilizar.”

En este capítulo se realiza la caracterización general de la entidad objeto de estudio, que en este caso es la Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos, haciéndose énfasis en el proceso de servicio de diseño, llevándose a cabo un estudio detallado del Proyecto diseñado para la Planta de Grupos Electrógenos ubicada en el municipio de Cruces, así como la descripción detallada de la metodología a utilizar.

2.1 Caracterización General de la Empresa de Diseño e Ingeniería Cienfuegos.

La Empresa de Diseño e Ingeniería, perteneciente al Grupo Empresarial de Diseño e Ingeniería, con domicilio en Ave 60 # 4302 e/ 43 y 45, Cienfuegos; dedicada a la elaboración de Diseños, Ingeniería y Consultoría, fundada como Grupo de Proyectos del MICONS en 1980 y que perteneciera a la Empresa de Proyectos #9 de Villa Clara desde 1981 hasta 1996, cuando pasa a ser el Centro de Proyectos de Cienfuegos para proyectar Obras Sociales, Agropecuarias y del Transporte posee personal competente y experimentado en este tipo de acciones constructivas y cuenta con los recursos y medios técnicos necesarios para alcanzar el liderazgo en esas actividades con soluciones funcionales, económicas y estéticas, con garantía contractual para los clientes.

Los servicios de construcción, ingeniería y diseño, comprenden toda una gama de servicios técnicos que difieren en intensidad tecnológica, están relacionados entre sí por su carácter y son esenciales para que los proyectos de inversión pasen de la concepción a la realización, incluidos su funcionamiento y conservación.

Los servicios de ingeniería y diseño pueden definirse en general como las actividades intelectuales esenciales que se necesitan para optimizar la inversión en todas sus formas, en sus opciones, en su proceso técnico de materialización y en su gestión.

La empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos, además de ofrecer servicios de diseño de proyectos, presta servicios de consultoría y topografía, esto se puede observar detalladamente en el mapa de procesos que se muestra en el **Anexo A**.

“MISION”.

Somos una entidad de profesionales que brindamos servicios de topografía, diseño, ingeniería, consultoría y otros trabajos afines para obras de construcción y montaje. Contamos con personal competente y tecnología, que soportados sobre un Sistema de Gestión de la Calidad,

Capítulo 2

basado en las NC-ISO-9001/2001, se mejora continuamente, para cumplir los requisitos y las expectativas de nuestros Clientes.

“VISION”.

- Liderar el mercado garantizando soluciones funcionales, económicas y estéticas y seguridad contractual a nuestros clientes a través de un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las NC- ISO-9001/2001.
- Se desarrollan los servicios de diseño, construcción e ingeniería con elevada competitividad, aplicando tecnologías de avanzada, soportadas por una moderna red de medios de informática.
- Alta eficiencia en el uso de los equipos, con calidad óptima en el mantenimiento, reparación.
- La gestión de los recursos humanos permite contar con colectivos altamente motivados, idóneos para su desempeño con orgullo de pertenencia y una elevada satisfacción laboral, las necesidades de fuerza de trabajo se cubren eficazmente.
- Contamos en cada cargo con directivos altamente profesionales y con elevados valores éticos, capaces de enfrentar los retos del siglo XXI.
- La dirección estratégica y su gestión a través de una dirección por objetivos se consolida, hasta convertirse en una herramienta efectiva de dirección.
- La introducción de tecnologías de prefabricación es una realidad y se ha ido diversificando y ampliando hacia la mayoría de los programas constructivos.
- Se cumplen los principios generales más aceptados del control interno y la contabilidad.
- Todos los sistemas de la política de cuadros se cumplen eficazmente y se aplican métodos eficaces en la evaluación de su desempeño.
- Las finanzas se han convertido en el elemento regulador para el logro de la eficiencia del sistema empresarial. Los directivos profundizan en los análisis con el empleo de las razones financieras y actúan en correspondencia.
- El análisis del comportamiento de los presupuestos y de los costos de las producciones y servicios por áreas de responsabilidad, se han convertido en una potente herramienta de dirección.
- La contratación económica es una práctica generalizada que se soporta en una adecuada preparación técnica y contiene los supuestos para asegurar al cliente el

Capítulo 2

cumplimiento de los objetivos básicos (plazo, calidad, costos.) Los reclamos ante incumplimientos, constituyen un hábito en nuestros directivos.

- Se realizan estudios sistemáticos de factibilidad para las posibilidades de penetración de mercados externos.
- Se aplican eficientemente las técnicas de estimación, presupuesto y programación y existen programas de computación mediante las que se hacen y controlan por obras.
- Se cuenta con capacidad productiva de alto rendimiento para alcanzar niveles competitivos, que garantizan la demanda constructiva del territorio.
- La red informática y el uso de Internet es algo común y es de uso corriente por nuestros técnicos y ejecutivos, en función del sistema empresarial.
- La protección del medio ambiente esta avalada por el cumplimiento de las ISO 14000.
- La adecuada gestión de la mercadotecnia y la calidad en consonancia con los procesos de producción ha logrado una mejora considerable de la imagen del proyectista y del constructor frente a los inversionistas.
- Se ha logrado el cambio cultural que consolida la certificación de los sistemas de calidad.
- Los directivos, profesionales y trabajadores en general exigen el cumplimiento de las medidas de seguridad y protección y luchan abiertamente contra cualquier manifestación del delito tanto económico como contrarrevolucionario.
- Se trabaja en la mejora continua del Sistema de Gestión de la Calidad.
- Se aplican adecuados sistemas computacionales de diseño arquitectónico, estructural, de programación y estimación en los servicios.

En la figura 2.1 que se muestra a continuación, se describen quienes son los clientes, proveedores, rivales y servicios sustitutos de la Empresa de diseño e Ingeniería Cienfuegos.

La mayor o menor presión de los productos sustitutos, depende del grado de diferenciación de los productos existentes, la percepción de clientes que no permite aceptar los sustitutos por fidelidad a los conocidos, cuando estos son capaces de crear en ellos motivaciones y satisfacción de todas las necesidades.

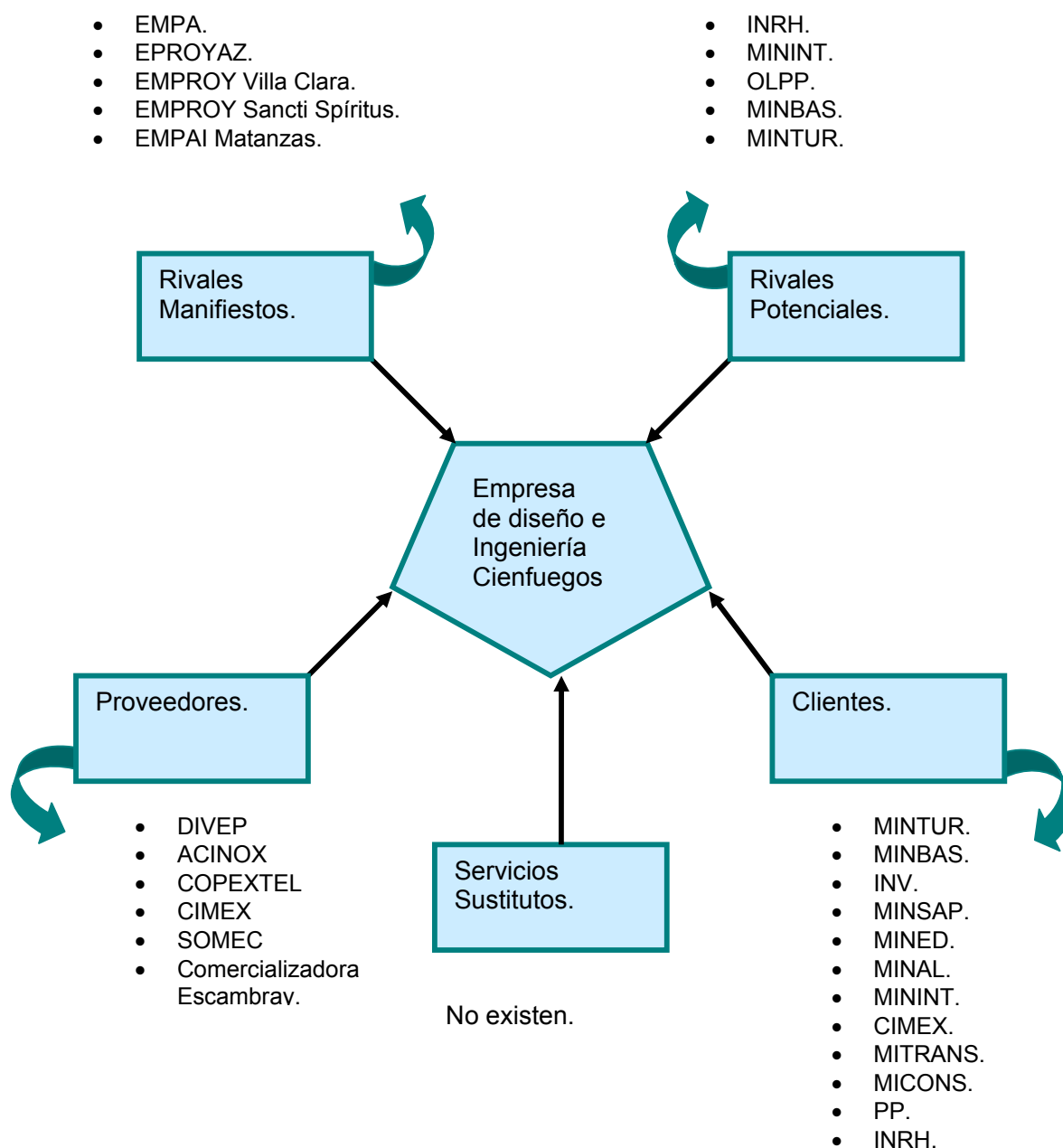


Figura 2.1: Actuación de las cinco fuerzas en la organización. Fuente: (Documento de Estrategias de la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos).

Pueden surgir productos/servicios sustitutos cuyos costos, calidad y rendimiento sean inferiores. El fenómeno sustitución está estrechamente relacionado con el de la innovación tecnológica y la capacidad de diferenciación y penetración que tenga en el mercado la Empresa.

Descripción del potencial de la Empresa.

Actualmente la Empresa posee una plantilla cubierta de 130 trabajadores, a continuación se muestra en la tabla 2.1 cómo son distribuidos los mismos por categorías.

Total	130	Por categorías	
Directos	91	Dirigentes	13
Indirectos	39	Técnicos	99
		Administrativos	2
		Operarios	13
		Servicio	3
De ellos	54 mujeres y 76 hombres		

Tabla 2.1 Descripción del potencial de la Empresa. Fuente: Elaboración Propia.

Los porcentajes generales de la organización por categorías ocupacionales quedan representados según se muestra a continuación en la figura 2.1:

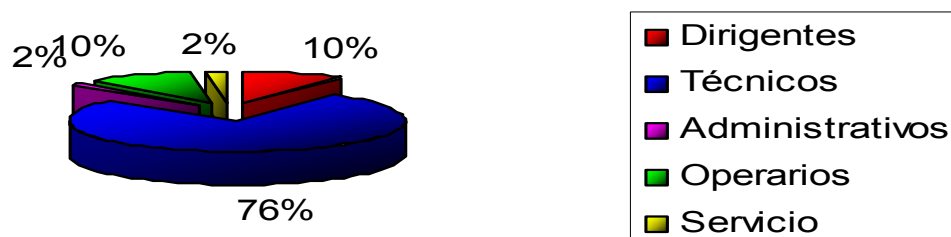


Fig. 2.1: Representación de las categorías ocupacionales en la EDIN de Cienfuegos.

Estructura Organizativa.

La estructura se basa en los principios de la Dirección por Proyectos, lo cual garantiza una adaptabilidad constante a las exigencias específicas de cada diseño y por consiguiente de cada cliente. Esto se logra con una estructura formal que apoya con el personal y la logística necesaria a las estructuras matriciales formadas ante cada trabajo, para cumplir los requerimientos de plazo, costo y calidad de los mismos.

Esta estructura les asigna la máxima responsabilidad de los trabajos a los Directores de Proyectos y a ellos se les atribuyen altos rangos de autoridad y responsabilidad dentro de la

Capítulo 2

organización, con el fin de que tengan las posibilidades de ejercer la gestión del mismo. La Dirección de Arquitectura e Ingeniería es la encargada de coordinar la actividad de los Grupos Especializados, que agrupados por proyectos se subordinan a los Directores de Proyectos.

Los Directores de Proyectos realizan una dirección única de los mismos, debiendo coordinar las acciones externas y las respuestas internas de la organización durante las distintas fases del ciclo de vida del proyecto.

La autoridad técnica (Funcional) fluye horizontalmente y la autoridad de los Directores de Proyectos (de Línea) fluye verticalmente. Estos son quienes ejercen realmente el mando, por ser los responsables máximos de que se alcancen los objetivos del proyecto.

En el Anexo B se ofrece un análisis de tallado de la estructura organizativa de la empresa de Ingeniería y Diseño de Cienfuegos.

Otro de los elementos, además del organigrama y el mapa de procesos que distingue a esta empresa por su peculiaridad y particularidades, de otras empresas, es su política de Calidad, que se muestra a continuación.

Política de la Calidad

“Brindamos servicios técnicos de Diseño, Consultorías, Dirección Integrada de Proyecto, Levantamientos Topográficos y Arquitectónicos para objetivos y obras de arquitectura, monumentarias, industriales e ingenieras, que satisfagan los requisitos y expectativas de los clientes, para lo cual se efectúa una adecuada planificación del servicio, se eleva de manera constante la competencia del personal y se realizan mediciones que permiten tomar acciones de mejora continua de la eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad basado en la Norma Cubana NC ISO 9001:2001”.

Como se puede observar en el Anexo A, antes mencionado, la Empresa en el proceso de realización del producto cuenta a su vez con tres subprocesos, el de servicio de topografía, el de servicio de diseño y el de consultoría, en la presente investigación se decide escoger el proceso de servicio de diseño de proyectos, porque en éste donde tienen lugar los subprocesos: ideas conceptuales, anteproyecto y proyecto técnico ejecutivo, es donde está contenida toda la información técnica referente al análisis objeto de estudio, es decir, materiales, mano de obra, presupuesto, tiempo de terminación, entre otros.

Capítulo 2

Dentro del proceso mencionado anteriormente es donde se concibe la información necesaria para el análisis de Ciclo de Vida, esto incluye todas las entradas de materiales, materias primas y productos escogidos por los diferentes especialistas para el diseño del proyecto.

2.2 Breve Análisis del proceso de ejecución de un proyecto.

En la figura 2.2 se muestra el flujograma de ejecución de proyectos, es decir, una secuencia por la que atraviesa el proyecto, desde que se solicita por parte del cliente, hasta que se ejecuta y se le entrega al cliente.

En la etapa de Planificación del servicio es donde se analizan las ideas conceptuales, es decir, las necesidades del cliente y a partir de ahí, los proyectistas conjuntamente con los arquitectos, inversionistas y demás especialistas, se encargan de traducir estas necesidades en requerimientos técnicos y es precisamente esta la etapa de ejecución del contrato, donde los especialistas prevén todos materiales, productos, energía, combustible y todo el presupuesto asociado al producto. Cuando el proyecto llega a ejecutarse, ya el jefe de obra tiene en sus manos toda la documentación con los requerimientos de calidad del mismo, es decir el expediente de servicio.

Durante la elaboración del Proyecto se tiene en cuenta todo lo relacionado con el alcance y contenido de la documentación técnica de las diferentes especialidades, que a su vez debe cumplimentar lo regulado por los Requisitos Básicos, los requisitos de las Generalidades de la documentación técnica de Proyecto Ejecutivo y los que se señalen para el desarrollo de las soluciones e informaciones técnicas.

En el flujograma de ejecución del servicio según su interrelación con los procesos, que aparece en el Anexo C, se muestran de manera detallada las actividades que se realizan en cada una de las etapas del servicio.

El desglose previsto para las especialidades que conforman el diseño o proyecto de las Edificaciones es el siguiente:

- Topografía.
- Plan General.
- Áreas Exteriores.
- Movimientos de tierra.
- Mecánica.
- Electroenergética.
- Automática e instrumentación.
- Viales y arquitectura.

Capítulo 2

- Estructura.
- Hidráulica Sanitaria.
- Comunicaciones y Señalización.
- Otras Instalaciones.
- Organización de Obras.
- Presupuesto.

2.3 Necesidad de aplicar un estudio de Análisis de Ciclo de Vida en la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos.

Se hace necesario tener un indicador universal que evalúe los esfuerzos de una organización por alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada, y para esto existen las normas ISO 14000, que aunque no fijan metas ambientales para la prevención de la contaminación, ni tampoco se involucran en el desempeño ambiental a nivel mundial, establecen herramientas y sistemas enfocados a los procesos de producción al interior de una empresa u organización, y de los efectos o externalidades que de estos deriven al medio ambiente.

La Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos en estos momentos se encuentra en pleno proceso de implantación de un Sistema de Gestión Ambiental, sin embargo no cuenta con ninguna herramienta que le permita dar el primer paso en este sentido. Dicha empresa, pertenece directamente al Ministerio de la Construcción y es la encargada de diseñar todos los proyectos de construcción a empresas estatales de la provincia. Lo que significa que en sus manos está la responsabilidad de asumir en sus diseños un desarrollo sostenible.

A razón de esto, se hace necesario incorporar una herramienta que mida los impactos ambientales de los diseños de la empresa objeto de estudio, desde que se planifican hasta su uso final, y sin dudas, esta herramienta es el Análisis de Ciclo de Vida, que por sus características, es capaz de suplir estas necesidades y que además engloba aspectos como el desarrollo de una nueva estrategia de negocio, el diseño o mejora de un producto o proceso, el rediseño de un servicio, entre otros, y mide los impactos ambientales ocasionados por un producto, proceso o servicio. Por tanto el planteamiento anterior, deja clara la necesidad de implementar en la Empresa de Diseño e Ingeniería de Cienfuegos, la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida, de manera que contribuya al desarrollo sostenible, ayude a implantar su Sistema de Gestión Ambiental y lo más importante, que mida los impactos ambientales que ocasiona la Ejecución de sus diseños a lo largo de su ciclo de vida, y a partir de ahí .aumentar la competitividad entre las empresas cubanas en este sentido, sobre todo en el Ministerio de la Construcción.

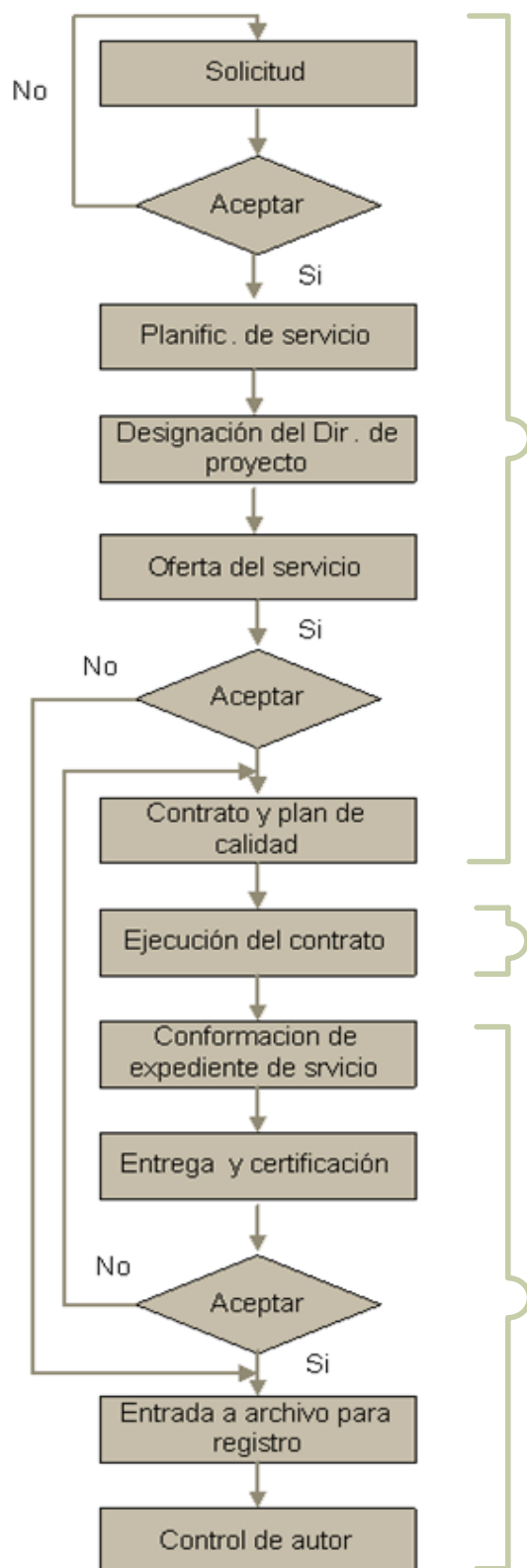


Figura 2.2 Flujograma de ejecución de Proyectos. Fuente:(Manual de Calidad de la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura).

Capítulo 2

A continuación se muestra la metodología tomada de la Norma ISO 14040, que contiene la herramienta de Análisis de Ciclo de Vida y explica cada uno de los pasos a seguir para la aplicación de la misma.

2.4 Metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

La metodología a utilizar en la presente investigación es tomada de la Norma ISO 14040 y de manera muy general se explica en qué consiste cada paso de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida y de esta forma comprender que es el ACV en toda su extensión.

El ACV es un proceso en el que se reconocen las siguientes etapas:

- Definición del objetivo y alcance.
- Análisis del inventario del ciclo de vida.
- Evaluación del impacto del ciclo de vida.
- Interpretación del ciclo de vida.

En la Figura 2.3 se ilustran las conexiones entre estos cuatro pasos y se puede reconocer que se trata de un proceso iterativo, el cual permite incrementar el nivel de detalle en sucesivas iteraciones.

El primer paso, definición de objetivo y alcance, debe expresar claramente el propósito y la extensión del estudio, además debe describir el o los sistemas estudiados y la unidad funcional. (Güereca, 2006).

La unidad funcional se refiere a la cantidad de productos o servicios necesarios para cumplir la función que se compara, sirve de base para la comparación entre sistemas y a partir de ella se cuantifican las entradas y salidas funcionales de un sistema productivo o de servicios. (Güereca, 2006).

En el Análisis del Inventario del Ciclo de Vida (ICV), se recopila un inventario de las entradas y salidas del sistema analizado, pero con el inconveniente de que muchos de los datos utilizados son imprecisos porque provienen de estimaciones y consideraciones asumidas por el realizador del ACV. (Güereca, 2006).

Posteriormente, en la etapa de Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV) se determina la importancia relativa de cada elemento del inventario y se agregan las intervenciones en un

Capítulo 2

conjunto de indicadores a los que llamamos categorías de impacto, pero las comparaciones y la toma de decisiones a partir de estos resultados no es fácil. (Güereca, 2006).

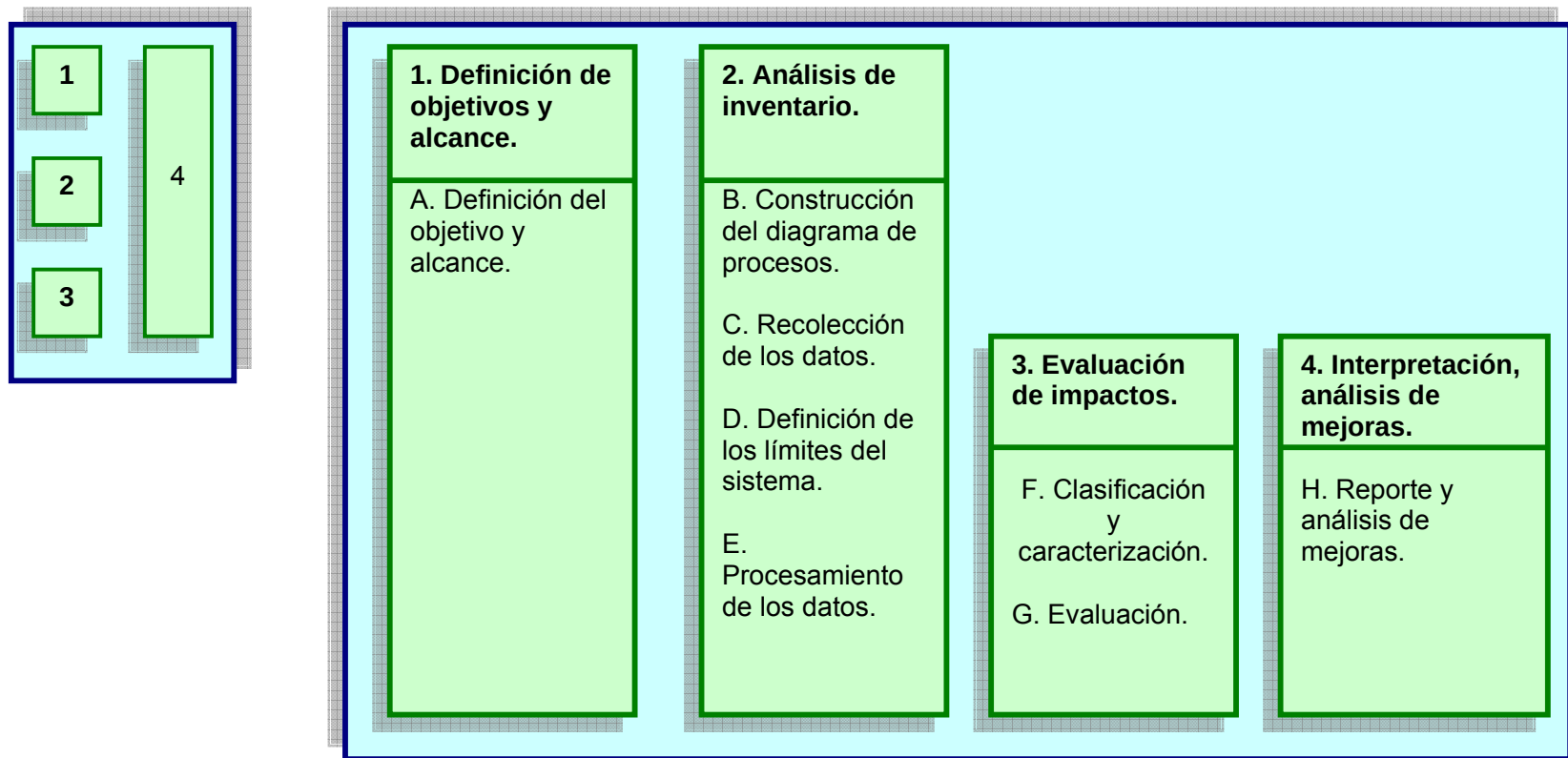


Figura 2.3: Pasos de la metodología de Análisis de ciclo de Vida. Fuente: (ISO14040: 2000).

Capítulo 2

Dentro de la EICV existe el paso de la valoración, que consiste en asignar una importancia relativa a cada una de las categorías de impacto para después sumarlas y obtener un único índice ambiental global, lo cual facilita las comparaciones entre sistemas de productos o servicios y el proceso de toma de decisiones, sin embargo, es un paso muy controvertido porque implica la consideración de elementos ideológicos y juicios de valor. (Güereca, 2006).

2.4.1 Definición del Objetivo y Alcance.

El objetivo y alcance de un estudio de ACV deben definirse claramente y ser consistentes con la aplicación que se persigue. Un estudio de ACV debe indicar sin ambigüedad la aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto, es decir, a quién se van a comunicar los resultados del estudio. En la definición del alcance de un estudio de ACV se debe considerar y describir claramente.

Las funciones del sistema producto, o en el caso de estudios comparativos, los sistemas; la unidad funcional; el sistema producto a estudiar; los límites del sistema producto; los procedimientos de asignación; los tipos de impacto y la metodología de evaluación de impacto, así como la consiguiente interpretación a utilizar; los requisitos de los datos; las hipótesis; las limitaciones; los requisitos iniciales de calidad de los datos; el tipo de revisión crítica, si la hubiera; el tipo y formato del informe requerido para el estudio.

El alcance debe estar suficientemente bien definido para asegurar que la amplitud, profundidad y detalle del estudio son compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo del mismo.

El ACV es una técnica iterativa. Por lo tanto, el alcance del estudio puede necesitar ser modificado durante la realización del mismo a medida que se disponga de información adicional.

2.4.2 Análisis de Inventario.

En esta fase se analizan todos los elementos de entrada para posteriormente poder evaluar los impactos ambientales que estos ocasionan.

El análisis del inventario comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema producto. Esas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema. Las interpretaciones pueden obtenerse de esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV.

Capítulo 2

Esos datos también constituyen las entradas para la evaluación del impacto del ciclo de vida. El proceso de realización de un análisis del inventario es iterativo. Cuando se obtienen los datos y se conoce mejor el sistema pueden identificarse nuevos requisitos o limitaciones relativos a los datos que hacen preciso un cambio en el procedimiento de obtención de los datos para que se pueda seguir cumpliendo el objetivo del estudio. A veces pueden identificarse factores que precisen la revisión del objetivo o del alcance del estudio.

Los datos cualitativos y cuantitativos para su consideración en el inventario deben obtenerse para cada proceso unitario incluido dentro de los límites del sistema. Los procedimientos utilizados para la obtención de los datos pueden variar dependiendo del alcance, proceso unitario o aplicación del estudio. La obtención de los datos puede ser un proceso laborioso. Las limitaciones prácticas en la obtención de los datos debe considerarse en el alcance y reflejarse en el informe.

2.4.3 Sistema de producto.

El sistema de producto es uno de los componentes principales del inventario de ciclo de vida. Un sistema producto es un conjunto de procesos unitarios conectados por flujos de productos intermedios que desempeñan una o más funciones definidas. La descripción de un sistema producto comprende procesos unitarios, flujos elementales, y flujos de productos que traspasan los límites del sistema (entrando al sistema o saliendo del sistema), y flujos de productos intermedios dentro del sistema.

Este sistema de producto del que se habla, muestra las entradas para la posterior evaluación de los impactos y además refleja los límites del sistema.

2.4.4 Proceso unitario.

Un sistema producto se subdivide en un conjunto de procesos unitarios. Los procesos unitarios están vinculados unos con otros por flujos de productos intermedios y/o de residuos por tratar, a otros sistemas producto por flujos de producto y al medio ambiente por flujos elementales.

La división de un sistema producto en sus procesos unitarios componentes facilita la identificación de las entradas y salidas del sistema producto. En muchos casos, algunas de las entradas son utilizadas como un componente del producto de salida, mientras que otras (entradas auxiliares) son utilizadas dentro de un proceso unitario pero no forman parte del producto de salida. Un proceso unitario también genera otras salidas (flujos elementales y/o

Capítulo 2

productos) como resultado de sus actividades. El límite de un proceso unitario está determinado por el nivel de detalle del modelaje que se requiere para satisfacer el objetivo y alcance del estudio.

2.4.5 Categoría de los datos.

Los datos reunidos, sean medidos, calculados o estimados, son utilizados para cuantificar las entradas y salidas de un proceso unitario. Los principales encabezamientos bajo los cuales pueden ser clasificados los datos incluyen:

- Entradas de energía, entradas de materias primas, entradas auxiliares, otras entradas físicas.
- Productos.
- Emisiones al aire, emisiones al agua, emisiones al suelo, otros aspectos ambientales.

Bajo estos encabezamientos, las diversas categorías de datos deben ser ampliamente detalladas para satisfacer el objetivo del estudio. Por ejemplo, bajo emisiones al aire, pueden identificarse separadamente categorías de datos tales como monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, etc.

2.4.6 Función, Unidad funcional y flujo de referencia.

La unidad funcional define la cuantificación de estas funciones identificadas. La unidad funcional debe ser consistente con el objetivo y alcance del estudio. Uno de los propósitos primarios de una unidad funcional es proporcionar una referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizados los datos de entrada y salida. Por lo tanto, es necesario que la unidad funcional sea claramente definida y medible.

Cuando se defina la unidad funcional, es necesario cuantificar la cantidad de producto necesaria para cumplir la función. El resultado de esta cuantificación es el flujo de referencia. El flujo de referencia es entonces utilizado para calcular las entradas y salidas del sistema. Sobre la base de los flujos de referencia se efectúan las comparaciones entre sistemas para una misma función cuantificada por la misma unidad funcional.

2.4.7 Límites iniciales del sistema.

Los límites del sistema definen los procesos unitarios que son incluidos en el mismo a modelar. Idealmente, es conveniente modelar el sistema producto de tal modo que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales. En muchos casos no existe tiempo suficiente, datos o recursos para efectuar un estudio tan completo. Deben tomarse decisiones respecto a qué proceso unitario será modelado y el nivel de detalle con que estos procesos unitarios serán

Capítulo 2

estudiados. No es necesario gastar recursos para la cuantificación de las entradas y salidas que no cambian significativamente las conclusiones globales del estudio.

También deben tomarse decisiones relativas a las emisiones al medio ambiente que deben ser evaluadas y el nivel de detalle de esta evaluación. En numerosos casos los límites del sistema definidos inicialmente deben ser refinados sobre la base del resultado del trabajo preliminar.

Toda decisión de omitir etapas del ciclo de vida, procesos o entradas/salidas debe ser claramente indicada y justificada. Los criterios utilizados para fijar los límites del sistema deben dictar el grado de confianza necesario para garantizar que los resultados del estudio no estén comprometidos y que el objetivo del mismo será alcanzado.

Varias etapas del ciclo de vida, procesos unitarios y flujos deben tomarse en consideración, por ejemplo:

- Entradas y salidas en la fase principal de fabricación/procesamiento.
- Distribución/transportación.
- Producción y uso de combustibles, de electricidad y de calor.
- Utilización y mantenimiento de productos.
- Disposición de residuos del proceso y de productos.
- Recuperación de productos usados (incluyendo la reutilización, el reciclaje y la recuperación de energía).
- Fabricación de materiales secundarios.
- Operaciones adicionales, tales como la iluminación y el calentamiento.
- Otras consideraciones relacionadas con la evaluación de impacto (si procede).

2.4.8 Criterios para la inclusión inicial de entradas y salidas.

La selección del conjunto inicial de entradas y salidas para el inventario se hace durante la definición del alcance. Este proceso tiene en cuenta el hecho de que a menudo no es práctico modelar cada entrada y cada salida en el sistema producto. Este es un proceso iterativo para identificar las entradas y salidas que es conveniente trazar al medio ambiente, estos es, identificar los procesos unitarios que producen las entradas o los procesos unitarios que reciben las salidas que deben incluir en el sistema producto bajo estudio. La identificación inicial se hace típicamente utilizando los datos disponibles. Se recomienda identificar las entradas y salidas más completamente después de compilar los datos adicionales durante el curso del estudio, y después someterlas a un análisis de sensibilidad.

Capítulo 2

Para las entradas de materiales, el análisis comienza por una selección inicial de aquellos que se quieren estudiar. Se recomienda basar esta selección sobre una identificación de las entradas asociadas a cada uno de los procesos unitarios a modelar. Esto puede hacerse con datos obtenidos a partir de sitios específicos o de fuentes publicadas. El objetivo es identificar las entradas significativas asociadas a cada uno de los procesos unitarios.

En la práctica, varios criterios son usados en el ACV para decidir las entradas a estudiar, incluyendo: masa, energía y pertinencia ambiental. El hecho de identificar inicialmente las entradas sólo sobre la base de la masa puede entrañar la omisión de entradas importantes en el estudio. En consecuencia, se recomienda utilizar también en este proceso los criterios de energía y pertinencia ambiental.

Estos criterios también pueden ser utilizados para identificar las salidas que conviene trazar al medio ambiente, es decir, incluyendo los procesos de tratamiento final de residuos.

Cuando el estudio es utilizado para apoyar una aserción comparativa pública, el análisis de sensibilidad final de los datos de entradas y salidas debe incluir los criterios de masa, energía y pertinencia ambiental, tales como son descritos en este apartado. Todas las entradas seleccionadas e identificadas por este proceso deben tomarse en cuenta como flujos elementales.

2.4.9 Requisitos de calidad de los datos.

Las descripciones de la calidad de los datos son importantes para comprender la fiabilidad de los resultados del estudio y para interpretar apropiadamente el resultado del estudio. Los requisitos de calidad de los datos deben ser especificados a fin de respetar el objetivo y alcance del estudio.

Se recomienda que la calidad de los datos sea caracterizada por aspectos cuantitativos y cualitativos, así como por métodos utilizados para captar e integrar esos datos.

Se recomienda incluir requisitos de calidad de los datos para los parámetros siguientes:

- Cobertura de tiempo: la edad deseada de los datos (por ejemplo, en los últimos cinco años) y la duración mínima (por ejemplo, un año) para compilar los datos.
- Cobertura geográfica: área geográfica en la cual es conveniente compilar los datos para los procesos unitarios con el fin de satisfacer el objetivo del estudio (por ejemplo, local, regional, nacional, continental, global).

Capítulo 2

- Cobertura tecnológica: mezcla de tecnologías (por ejemplo, media ponderada de la mezcla real de procesos, mejor tecnología disponible o peor unidad de operación).

Es necesario también tener en cuenta otros descriptores que definan la naturaleza de los datos, tales como datos compilados en sitios específicos con relación a los datos de fuentes publicadas, y si es conveniente medir, calcular o evaluar los datos.

Los datos de sitios específicos o los promedios representativos deben ser utilizados para los procesos unitarios que constituyen la mayor parte de los flujos de masa y de energía en los sistemas. Es conveniente igualmente utilizar datos de sitios específicos para los procesos unitarios que son considerados por tener emisiones vinculadas al medio ambiente.

En todos los estudios, los siguientes requisitos adicionales de calidad de los datos deben ser considerados con un nivel de detalle que depende de la definición del objetivo y alcance:

- Precisión: medición de la variabilidad de los valores de los datos para cada categoría de datos expresados (por ejemplo, varianza).
- Completamiento: por ciento de sitios que reportan datos primarios con respecto al número potencial que existe para cada categoría de datos en un proceso unitario.
- Representatividad: evaluación cualitativa del grado en el cual el conjunto de datos refleja la población real de interés (por ejemplo, cobertura geográfica, período de tiempo y cobertura tecnológica).
- Consistencia: evaluación cualitativa de cómo la uniformidad de la metodología de estudio es aplicada a los diversos componentes del análisis.
- Reproducibilidad: evaluación cualitativa de la medida en la cual las informaciones sobre la metodología y los valores de los datos permiten a un realizador independiente reproducir los resultados reportados en el estudio.

A modo de conclusión, es preciso señalar que el elemento principal de esta metodología es el inventario, pues todos los requisitos y elementos de entrada están contenidos dentro de este.

La definición del objetivo y alcance de un estudio proporciona el plan inicial para conducir un estudio de ACV. Un análisis del inventario del ciclo de vida (ICV) tiene que ver con los procedimientos de cálculo y compilación de los datos.

2.5 Evaluación del impacto del ciclo de vida.

La fase de evaluación del impacto del ACV va dirigida a evaluar la importancia de los impactos

Capítulo 2

ambientales potenciales utilizando los resultados del análisis del inventario del ciclo de vida. En general, ese proceso implica la asociación de datos del inventario con impactos ambientales específicos y tratando de valorar dichos impactos. El nivel de detalle, la elección de impactos evaluados y las metodologías usadas dependen del objetivo y alcance del estudio.

Esta evaluación puede incluir el proceso iterativo de revisión del objetivo y alcance del estudio del ACV para determinar cuándo los objetivos del estudio se han cumplido y, en el caso de no alcanzarlos, para modificar el objetivo y alcance del estudio. La fase de evaluación de impacto puede incluir, entre otros, elementos como:

- Asignación de los datos del inventario a categorías de impacto (clasificación).
- Modelación de los datos del inventario dentro de categorías de impacto (caracterización).
- Posible agregación de los resultados en casos concretos y sólo cuando proceda (valoración).

La estructura científica y metodológica para la evaluación del impacto está aún en desarrollo al igual que los modelos de categorías de impacto. No hay metodologías generalmente aceptadas para asociar datos del inventario con impactos ambientales potenciales específicos de un modo consistente y preciso.

En la fase de evaluación de impacto del ciclo de vida hay subjetividad, como en la elección, modelación y evaluación de categorías de impacto. Por lo tanto, la transparencia es crucial para asegurar que las hipótesis están claramente descritas y presentadas.

Anteriormente se había señalado que la metodología de Análisis de Ciclo de Vida carece de dos aspectos importantes que son la ponderación y la normalización, sin embargo estos dos últimos están contenidos dentro de los métodos de evaluación de impacto, a los cuales se dedica el siguiente epígrafe.

2.6 Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental seleccionados.

Las metodologías que miden categorías de daño y de impacto son: Ecoindicador 99, EDIP e IMPACT 2002, aunque no todas miden las dos porque algunas son de punto intermedio y otras de punto final. En este caso, IMPACT 2002 y Ecoindicador 99 son enfocados a categorías de daño o puntos finales y EDIP está enfocado a punto intermedio. Lo que dista de estos métodos a la metodología de ACV que aparece en la norma ISO 14040, el que esta última no contiene la

Capítulo 2

normalización ni la ponderación, aunque estos dos últimos pasos no son obligatorios dentro de la metodología.

2.6.1 Ecoindicador 99.

Ecoindicador 99 es un método de evaluación de impacto que incluye un proceso de priorización de los impactos negativos ambientales que más afectan al país; así es concebido cuando se crea en Holanda y también se aplica; pero este estudio se propone aplicarlo a una empresa conjuntamente con otros métodos para posteriormente compararlos y dar conclusiones en dependencia de los resultados.

Posteriormente se seleccionan los materiales y procesos productivos más comunes y a cada uno se le asigna un puntaje basado en un análisis que toma en cuenta en el daño a la salud humana, biodiversidad y consumo de recursos naturales (Eco indicador 99) que ejerce el producto o proceso a lo largo de todo su ciclo de vida.

El eco indicador es el resultado de la suma de los impactos y se expresa como un puntaje dado por kilogramo de producto.

Este método tiene 3 categorías de daño, que estas son: Salud Humana, Calidad del Ecosistema y Recursos Naturales; y 11 categorías de impacto que son: Carcinógenos, Respiración de orgánicos, Respiración de inorgánicos, Cambio climático, Radiación, Capa de Ozono, Eco toxicidad, Acidificación/Eutrofización, Uso del Terreno, Minerales y Combustibles Fósiles.

A continuación se explica en que consiste cada una de estas categorías.

Daños a la salud humana: DALY, expresa el número de años de vida sometidos a una discapacidad.

Daños al ecosistema: $PAF \cdot m2yr$, fracción de especies afectadas potencialmente $PDF \cdot m2yr$, fracción desaparecida potencialmente.

Daños a los recursos: MJ/Kg. exceso de energía que se necesita para extraer minerales y combustibles fósiles en el futuro.

A continuación se explica en qué consiste cada uno de estos puntos.

Daños a la salud humana.

Incluye el número y duración de enfermedades y los daños de vida perdidos debido a la muerte prematura por causas ambientales.

Fuentes ambientales que causan daños a la salud:

Capítulo 2

- Cambio climático: enfermedades infecciosas, cardiovasculares y respiratorias, así como un cambio de residencia forzado.
- Cáncer, como resultado de radiación.
- Cáncer y daño a los ojos debido a la reducción de la capa de ozono.
- Enfermedades respiratorias a causa de químicos tóxicos en aire, agua para beber y comida.

Daños a la calidad del ecosistema.

- La diversidad de la especie se usa como un indicador para la calidad del ecosistema. Se expresa el daño del ecosistema como un porcentaje de especies que son amenazadas o que desaparecen de un área dada durante un cierto tiempo.

Efectos ambientales que causan daños al ecosistema:

- Ecotoxicidad.
- Acidificación y eutrofización.
- Efectos locales y regionales sobre especies de plantas, referidas al uso del suelo.
- Estudio de las emisiones tóxicas y emisiones que cambian los niveles de acidez y de nutrientes.
- Análisis de destino. Relación de las emisiones a las concentraciones.
- Análisis de efectos. Relaciona las concentraciones a esfuerzos tóxicos o al aumento de niveles de acidez y nutrientes.
- Análisis de daños. Relaciona estos efectos al aumento de la fracción desaparecida potencialmente para plantas.
- El modelo de la transformación y uso del suelo se basa en información sobre la calidad de ecosistemas, como una función del tipo de uso de suelo y el tamaño de área.

Daños a los recursos.

- El daño se considera como el exceso de energía que se necesitará para extraer minerales y combustibles fósiles en el futuro. Efectos ambientales que causan daños a los recursos:
- Reducción de combustibles minerales.
- Reducción de combustibles fósiles.
- Análisis de recursos. Relación entre la extracción de un recurso y la disminución de la concentración de éste.
- Análisis de daños. Relación de la concentración más baja y los esfuerzos de disminución para la extracción del recurso en el futuro.

Capítulo 2

El eco-indicador 99 no considera la cantidad de los recursos, sino la estructura cualitativa de éstos.

Para ver la caracterización de este indicador es necesario saber que:

$$S_j = \sum Q_{ji} m_i$$

Donde:

S_j = Resultado del indicador.

j = Categoría de impacto.

m_i = Tamaño de la intervención de tipo i (masa de una sustancia emitida).

Q_{ji} = Factor de caracterización que relaciona la intervención i con la categoría j .

En el Anexo D se puede observar en una tabla las categorías de impacto, las categorías intermedias y las categorías finales de este método.

2.6.1.1 Normalización Ecoindicador 99.

Consiste en 2 pasos:

1. Encontrar las emisiones totales y consumo de recursos de un sistema durante un periodo de referencia (usualmente un año).
2. Calcular las categorías de impacto utilizando los factores normalizados.

La fórmula general es:

$$N = \frac{RI_{cat}}{VR_{cat}}$$

Donde

RI_{cat} = Resultado obtenido de cada categoría de año.

VR_{cat} = El valor de referencia.

Para calcular los Ecoindicadores es necesario seguir tres pasos:

1. Inventario de las emisiones relevantes, la extracción de recursos y el uso del suelo de todos los procesos incluidos en el ciclo de vida de un producto. Es un procedimiento estándar de los LCA.
2. Cálculo de los daños que pueden causar esos flujos a la salud humana, a la calidad del Ecosistema y a los recursos.
3. Ponderación de las tres categorías de daño.

En la **figura 2.4** se muestra el procedimiento general para el cálculo de los ecoindicadores.

Capítulo 2

Categorías de impacto.	Categorías intermedias.	Categorías finales.
Recursos.	Kg Recurso	Minerales y combustibles fósiles-MJ
Uso del suelo.	m2 /año	m2/año
Cambio climático.	Kg/CO2	Año(DALY)
Capa de ozono.	Kg CFC -11	Año(DALY)
Toxicidad humana.	Kg DCB	Respiratorios y carcinógenos- Año(DALY)
Smog fotoquímico.	Kg C2H4	Año(DALY)
Ecotoxicidad.	Kg DCB	m2/año
Acidificación.	Kg SO2	m2/año
Eutrofización.	Kg PO4	m2/año
Radiación.	Año (DALY)	Año(DALY)

Tabla 2.2 Categorías del Ecoindicador 99. Fuente: (Domínguez y González, 2008).

2.6.1.2 Ponderación Ecoindicador 99.

Se basa en paneles de expertos, desarrollado por Mettler (1999) el cual consta de 3 pasos:

- Desarrollo de un cuestionario, contiene un número de pruebas en orden de verificar que las preguntas se entiendan adecuadamente.
- Envío de los cuestionarios a 365 expertos en LCA, los miembros del equipo de desarrollo del Ecoindicador 99 fueron excluidos.
- Análisis de los resultados.

Para ver los parámetros que se siguen para la ponderación es necesario remitirse a la tabla 2.3 y 2.4, las cuales se muestran a continuación.

Perspectiva	Percepción de tiempo	Nivel requerido de evidencia
Jerárquico(H)	Balance a largo y corto plazo.	Inclusión basada en consensos.
Individualista(I)	A corto plazo.	Sólo efectos probados.
Igualitario(E)	Muy largo plazo.	Todos los efectos posibles.

Capítulo 2

Tabla 2.3 Enfoques utilizados en los mecanismos ambientales para las categorías de impacto.

Fuente: (Mettier: 1999).

	Promedio.	Individualista.	Igualitario.	Jerárquico.
Calidad del Ecosistema	40 %	25 %	50 %	40 %
Salud Humana	40 %	55 %	30 %	30 %
Recursos.	20 %	20 %	20 %	30 %

Tabla 2.4 Estimación para los factores de ponderación. Fuente (Mettier: 1999)

A partir de la tabla expuesta anteriormente es calculado el índice de ponderación, y a continuación se muestra el procedimiento para dicho cálculo.

$$IP = \sum FP_{cat} \times RI_{cat}$$

$$IP = \sum FP_{cat} \times RIN_{cat}$$

Donde:

IP = índice de ponderación,

FP_{cat} = factor de ponderación de cada categoría.

RI_{cat} = resultado del indicador de cada categoría.

RIN_{cat} = resultado del indicador normalizado de cada categoría.

La unidad del IP puede ser en años (cuando se basa en resultados de normalización), en pesos (cuando se basa en valores monetarios) y en ecopuntos (cuando se basa en paneles de expertos).

$$I = W_{HH} \sum_{HH} \frac{D_j}{N_j} + W_{EQ} \sum_{EQ} \frac{D_j}{N_j} + W_R \sum_R \frac{D_j}{N_j}$$

Donde:

I = Ecoindicador total del sistema (adimensional).

D_j = daño de una categoría j en los puntos finales salud humana (HH), calidad del ecosistema (EQ) y recursos (R).

N_j = daño total anual de una categoría en Europa por persona.

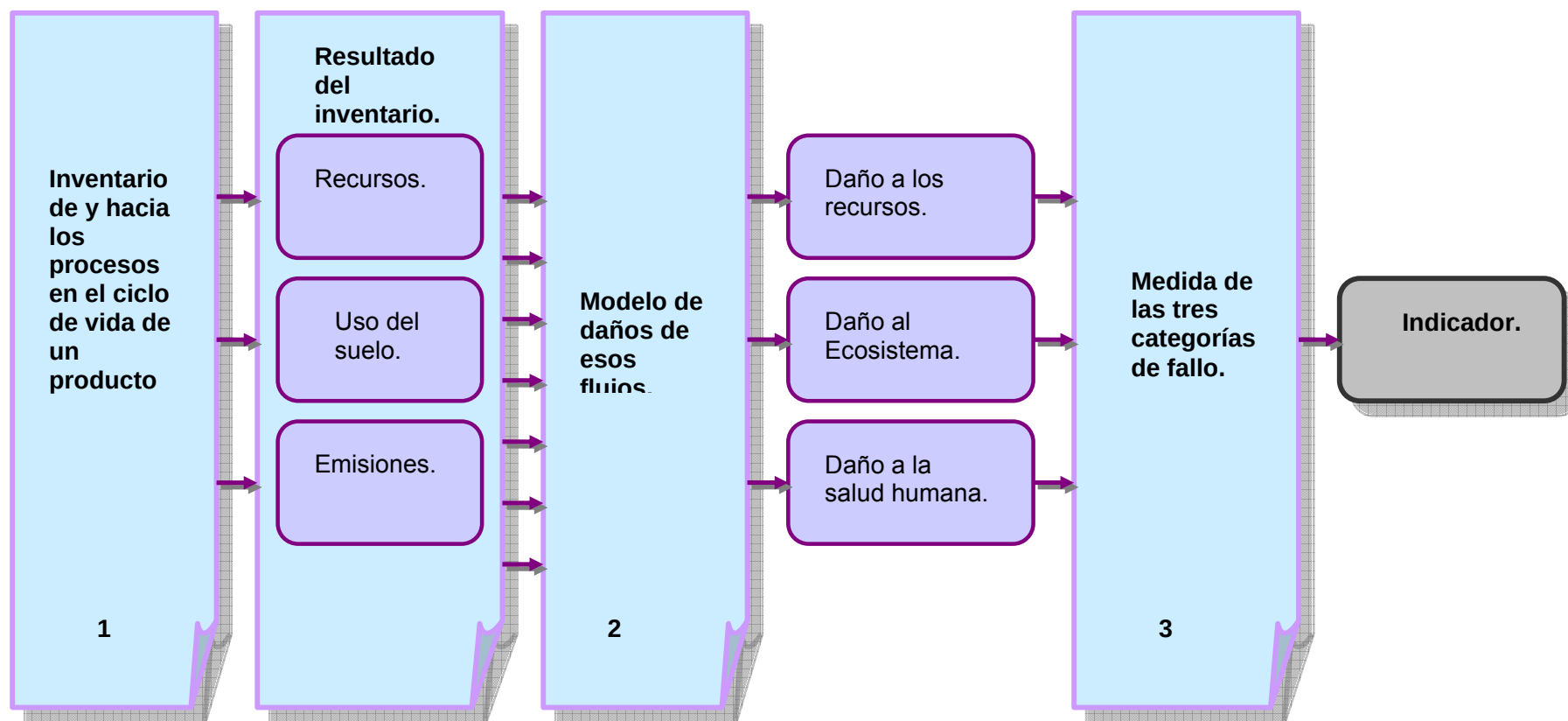


Fig. 2.4 “Procedimiento general del cálculo de los Ecoindicadores. Fuente: (Goedkoop y Suzanne, 2002).

Capítulo 2

WHH = factor de ponderación para la categoría final de salud humana.

WEQ = factor de ponderación para la categoría final de calidad del ecosistema.

WR = factor de ponderación para la categoría final de recursos.

2.6.2 EDIP (Environmental Design of Industrial Products).

Esta metodología propone el uso del ACV como herramienta clave de ayuda a la toma de decisiones de carácter medioambiental por parte del diseñador. Así aunque el ACV se considera generalmente como una herramienta de evaluación medioambiental, el EDIP realiza un esfuerzo de adaptación e integración de esta en el proceso de desarrollo de productos. Por este motivo las etapas en las que se estructura coinciden con las fases del ACV: objetivo y alcance, inventario, evaluación de impactos y propuestas de mejora.

Este método presenta 7 categorías de impacto y no presenta categorías de daño porque está enfocado a puntos intermedios. Estas categorías de impacto se pueden observar en la tabla 2.5 con sus respectivas unidades de medida.

Categoría de impacto.	Unidad de medida
Calentamiento Global.	g CO ₂
Agotamiento de la Capa de ozono.	g CFC11
Formación de ozono Fotoquímico.	g Etano
Acidificación.	g SO ₂
Eutrofización.	G NO ₃
Ecotoxicidad.	m ³
Toxicidad Humana.	m ³

Tabla 2.5: Categorías de Impacto del Método EDIP 2003. Fuente (Domínguez y González, 2008).

Calentamiento global:

- Absorben radiación infrarroja o se descomponen a CO₂.
- Gases de efecto invernadero: CO₂, CH₄, Halocarbonos, O₃, vapor de agua.

Agotamiento de la capa de ozono:

- Sustancias con vida larga en la troposfera.

Capítulo 2

- Sustancias emitidas en grandes cantidades que puedan alcanzar la estratosfera aún cuando su tiempo de vida sea corto.
- Sustancias que principalmente contengan cloro y bromo, CFCs, Tetraclorometano, HCFCs, Triclorometano, HBFCs.

Formación de smog fotoquímico:

Es un factor de caracterización.

- El potencial de formación de smog para los COVs (compuestos orgánicos con un punto de ebullición menor a 250°C) depende de la concentración de NOx presente.
- Gases formadores de smog fotoquímico: CO y NOx.
- El modelo para cada sustancia determina el Potencial de Formación de Ozono Fotoquímico (POCP), el cual está expresado como la cantidad de una sustancia de referencia (etileno, C₂H₄) que emitida bajo las mismas condiciones, resulta en una formación equivalente de ozono.

Acidificación.

- Impacto que provoca la disminución en la Capacidad de Neutralizar Ácidos (ANC) en los sistemas (agua o suelo) y puede ser reducida por la adición de iones hidrógeno o la salida de cationes de las plantas a otros sistemas.
- Acidificación actual. Provoca una disminución inmediata de Capacidad de Neutralizar Ácidos (CNA).
- Potencial de acidificación. Posible disminución de ANC, los iones son absorbidos pero no removidos a otros sistemas.
- El impacto potencial = contribución total = acidificación actual + potencial de acidificación.
- Sustancias de acidificación: ácidos fuertes (HCl, H₂SO₄) con efecto inmediato de acidificación. Óxidos de azufre (SO₂, SO₃) que forman ácidos en contacto con el agua, óxidos de nitrógeno (NO, NO₂), amoníaco, ácidos orgánicos.

Enriquecimiento de nutrientes (Eutrofización).

- Sustancias que contienen N o P en forma disponible biológicamente se clasifican como factor potencial al enriquecimiento de nutrientes, provocando el rápido crecimiento de plantas terrestres.
- La principal fuente de eutrofización es el uso de fertilizantes en la agricultura (NO₃⁻ y NH₄⁺), la emisión de NOx de procesos de incineración y los contenidos de N y especialmente de P en el agua residual doméstica e industrial.

Capítulo 2

Ecotoxicidad.

- Debe ser tóxica a organismos de manera que afecte el funcionamiento y estructura de los ecosistemas en los cuales vive el organismo.
- Sustancias con propiedades como la persistencia (baja degradabilidad en el ambiente) y la habilidad para bioacumulación, son consideradas ecotóxicas.

Toxicidad humana.

- Sustancias persistentes y bioacumulables. Exposición a impactos:
- Directa: inhalación, ingestión de agua superficial contaminada.
- Indirecta: ingestión de plantas y animales contaminados o sus productos (leche).

2.6.2.1 Normalización EDIP.

Para la normalización de este método se tienen en cuenta aspectos tales como los que están planteados en los tres pasos que se presentan a continuación.

- Referencias de normalización: los impactos de la sociedad al ambiente cada año.
- En orden de aplicar una escala comparable para categorías de impacto global (basado en emisiones globales) y local (basado en emisiones regionales), los impactos ambientales potenciales son divididos por la población de una región donde fueron calculados.
- El impacto ambiental potencial para emisiones actuales son expresados en equivalentes de personas para la categoría de impacto.

2.6.2.2 Ponderación EDIP.

Utiliza 2 niveles de impactos sobre el ambiente:

- Objetivos políticos. Comprende las emisiones totales permisibles (danesa o Internacional).
- Capacidad de impacto. Emisión total que no provoca ningún impacto detectable en el ambiente.

A continuación se muestra la fórmula para calcular el factor de ponderación que corresponde a cada categoría de impacto.

WP = Factor de Ponderación para cada categoría de impacto i.

$WP_i = \frac{\text{emisiones actuales en el año de referencia } i}{\text{Emisiones proyectadas en el año de referencia } i}$

Emisiones proyectadas en el año de referencia i

Categoría de impacto	Factor de Ponderación
Calentamiento Global	1.3
Capa de ozono	23
Acidificación	1.3
Eutrofización	1.2
Smog Fotoquímico	1.2
Ecotoxicidad	2.3
Toxicidad Humana	
Aire	2.5
Agua	2.8
Suelo	2.5

Tabla 2.6 Categorías de Impacto y Factores de ponderación. Fuente (Domínguez y González, 2008).

2.6.3 IMPACT 2002.

La metodología IMPACT 2002 de Análisis de Ciclo de Vida, propone un método atractivo de la implantación de un enfoque combinando punto medio / daño, con los nuevos desarrollos en la valoración comparativa de la toxicidad humana y ecotoxicidad. Sin embargo, algunas limitaciones deben ser mencionado: algunas categorías de impacto no han sido consideradas, como los impactos sobre el ambiente marino, el ruido, etcétera. Para la ecotoxicidad y la toxicidad humana de metales investigación adicional está actualmente en marcha, apuntando hacia la consideración de especies y biodisponibilidad.

Este método Impact 2002, presenta 14 categorías de impacto y 4 de daño y propone una puesta en práctica más viable sobre el enfoque punto medio/ daño. La figura 2.5 muestra la esquema total de la estructura de la metodología del IMPACT 2002, vinculando los resultados de LCI de toda clase vía 14 categorías de punto media (la toxicidad humana, los efectos respiratorios, ionizar la radiación, la reducción de la capa de ozono, la oxidación de fotoquímica, ecotoxicidad acuático, ecotoxicidad terrestre, acidificación / nitrificación terrestre, acidificación acuático, Eutrofización acuático, ocupación de tierra, calentamiento global, energía no renovable, extracción de mineral) a cuatro categorías de daño (la salud humana, la calidad de ecosistema, el cambio climático, recursos).

Factores de caracterización del punto medio están basado en principios de la equivalencia i.e. Puntajes de caracterización del punto medio son expresados en kg - equivalentes de una

Capítulo 2

sustancia comparada con una sustancia de referencia. La tabla 2.8 indica las sustancias de referencia y unidades de daño usado en Impact 2002.

La Caracterización del daño por factores, de cualquier sustancia, pueden ser obtenidos multiplicando el punto medio potencial de la caracterización, con los factores de las sustancias de referencia, en la tabla 2.9 aparecen dichos factores de caracterización.

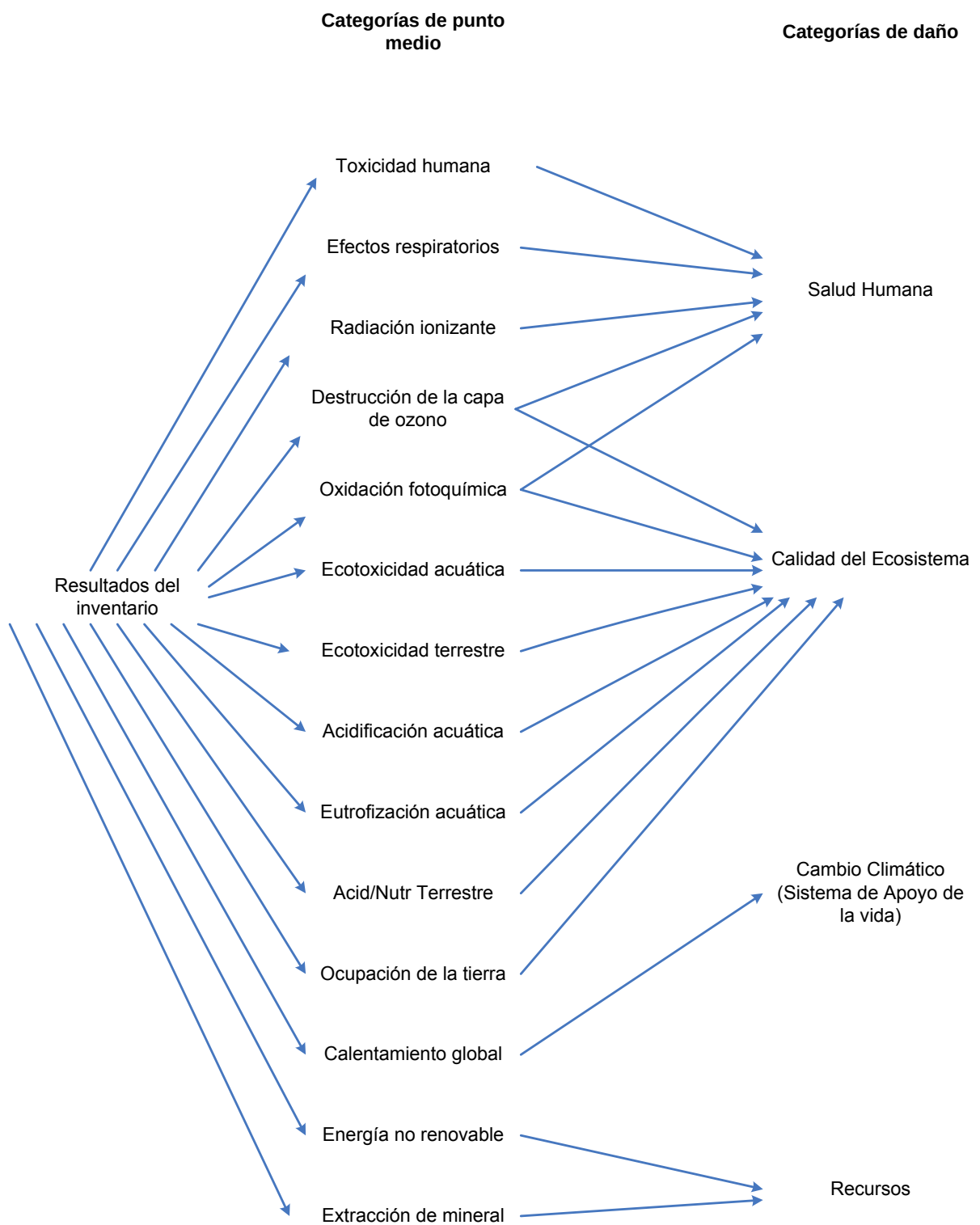


Figura 2.5 Plan de la estructura total del método Impact 2002, vinculando los resultados de LCI a través de las categorías de punto medio a categorías de daño. Fuente: (Jolliet, 2003).

Categorías de Punto medio.	Sustancia de referencia del punto medio.	Categorías de daño.	Unidad de daño.
Toxicidad humana (Carcinógenos y no carcinógenos)	Kgeq clorietileno en el aire	Salud humana	DALY
Respiratorio (inorgánicos)	Kgeq PM2.5 en el aire	Salud humana	
Radiaciones ionizantes	Bgeq carbono-14 en el aire	Salud humana	
Degradación de la capa de Ozono	Kgeq CFC-11 en el aire	Salud humana	
Oxidación fotoquímica [= Orgánicos respiratorios) para la salud humana]	Kgeq etileno en el aire	Salud humana	
		Calidad del ecosistema	–
Ecotoxicidad acuática	kgeq glycol de trietileno en el agua	Calidad del ecosistema	PDF*m2 *yr
Ecotoxicidad terrestre	kgeq glycol de trietileno en el agua	Calidad del ecosistema	
Acidificación/Nutrición Terrestre	kgeq SO2 en el aire	Calidad del ecosistema	
Acidificación Acuática	kgeq SO2 en el aire	Calidad del ecosistema	Bajo desarrollo
Eutrofización Acuática	kgeq PO43 – en el agua	Calidad del ecosistema	Bajo desarrollo
Ocupación de tierra	m2 eq tierra orgánica arable-año	Calidad del ecosistema	PDF * m2 * yr
Calentamiento global	kgeq CO2 en el aire	Cambios climáticos (sistema de apoyo de la vida)	(kgeq CO2 en el aire
Energía no renovable	MJ Total primaria no-renovable o kgeq de petróleo crudo (860 kg/m3)	Recursos	MJ
Extracción mineral	MJ energía adicional o kgeq de hierro (en ore)	Recursos	

Tabla 2.8 Sustancias de referencia y unidades de daño usado en Impact 2002. Fuente: (Jolliet, 2003).

Categoría de punto medio.	Factores de daño.	Unidades.
Carcinógenos	1.45E-06	DALY/ Kg cloroetileno
No carcinógenos	1.45E-06	DALY/ Kg cloroetileno
Inorgánicos respiratorios	7.00E-04	DALY/ Kg PM2.5
Capa de Ozono	1.05E-03	DALY/ Kg CFC-11
Radiaciones	2.10E-10	DALY/Bq carbon-14
Orgánicos respiratorios	2.13E-06	DALY/kg ethylene
Ecotoxicidad acuática	8.86E-05	PDF·m2·yr/kg·triethylene glycol
Ecotoxicidad terrestre	8.86E-05	PDF·m2·yr/kg·triethylene glycol
Acidificación/Nutr. Terrestre	1.04	PDF·m2·yr/kg SO2
Ocupación de la Tierra	1.09	PDF·m2·yr/m2·organic arable land·yr
Calentamiento Global	1	kg CO2/kg CO2
Extracción mineral	5.10E-02	MJ/kg iron
Energía no renovable	45.6	MJ/kg crude oil

Tabla 2.9 Caracterización de los factores de daño. Fuente (Jolliet, 2003)

Conclusiones Parciales.

- La Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura no tiene concebido como cuantificar el impacto ambiental de sus proyectos, esto conduce a la necesidad de aplicar una metodología que ayude a diseñar proyectos medioambientalmente sostenibles.
- La metodología de Análisis de Ciclo de Vida está desarrollada en la ISO 14040 a través de una serie de pasos, que permiten adecuar el estudio en función de los objetivos de la investigación, pero no tiene concebido como normalizar ni ponderar los impactos ambientales.
- Los métodos de evaluación de impacto ambiental complementan el Análisis de Ciclo de Vida, debido a que permiten desarrollar dos puntos que aunque son opcionales dentro de la metodología, la Normalización y la ponderación, pueden ser muy útiles a la hora de hacer un estudio más detallado, al comparar con otros resultados a nivel mundial.

Capítulo 3

Capítulo 3: “Aplicación de la metodología propuesta y evaluación de impactos.”

En este capítulo se lleva a cabo la aplicación de la metodología propuesta en el capítulo anterior tomada de la Norma ISO 14040. Después de aplicarse esta herramienta de Análisis de Ciclo de Vida, se evalúan los impactos ambientales para cuantificar los daños y además se comparan los resultados ofrecidos por los distintos métodos, realizando una propuesta de mejora que minimice dichos impactos.

3.1 Definición del objetivo y alcance.

El objetivo del estudio es hacer un ACV a todos los productos y materiales empleados en la construcción de un proyecto seleccionado: la Planta de Grupos Electrógenos ubicado en el municipio de Cruces. Este se toma como caso de estudio precisamente, por el fuerte impacto social que tiene, es decir, por la actividad que realiza como empresa: producir electricidad, un tema bien polémico en nuestro país y en el mundo por los dos importantes elementos que engloba, el combustible y la energía.

Este estudio se hace en la Empresa de Ingeniería y Diseño de Cienfuegos, pues la misma es la encargada de diseñar el Proyecto así como los requisitos que este encierra. En este caso el estudio se enfoca a mejorar un producto/servicio existente, con la inclusión de la herramienta de ACV y a partir de ahí, contar con información para establecer estrategias, con el propósito que la empresa logre un servicio más completo al incluir el ACV en el diseño de proyectos.

3.2 Análisis del inventario.

En esta etapa de la metodología se analizan todas las entradas al proceso ya sean materiales, productos, materia prima, energía, que dan origen a los daños que se ocasionan a los suelos, al aire, al agua y otros vertidos.

Se hace un inventario general de todos los materiales que son escogidos durante la etapa de ejecución del contrato para ser utilizados a pie de obra. En el Anexo E se observa el listado de materiales que se utilizan en la construcción de la Planta de Fuel Oil.

3.2.1 Sistema de productos.

Comprende todos los procesos unitarios y los flujos elementales que entran o salen al sistema y para ello se hace necesario remitirse a la figura 2.2 del capítulo anterior, que muestra el

Capítulo 3

flujograma por etapas para realizar proyectos, y a partir de esta, conformar el sistema de productos. En la figura 3.2, aparece el sistema de producto que muestra los elementos necesarios para el ACV contenidos dentro de la Ejecución del contrato y en la figura 3.3 se presentan todas las entradas de productos y materiales al sistema de productos, que es uno de los componentes principales del inventario, según se señala en la Norma ISO 14040.

3.2.2 Categoría de los datos.

En cuanto a la clasificación de la categoría de los datos, se utilizan los referentes al tipo materias primas, energía, productos y otras entradas auxiliares. Cuando se habla de materias prima y productos, se hace referencia a todos los materiales provenientes de la construcción.

3.2.3 La unidad funcional.

Las unidades funcionales que se emplean están todas contenidas en el Sistema internacional de unidades (SI), además en este caso particularmente se toma la capacidad de generación de la instalación de 1 MW/h. Esta es la unidad que se utiliza como referencia, porque luego de hacerse el estudio, el objetivo es comparar con otras plantas de grupos electrógenos que tengan aplicado ACV, el impacto de la instalación con esta potencia de referencia.

3.2.4 Límites del sistema.

Los límites del sistema definen los procesos unitarios que son incluidos en el sistema a modelar. Como bien se explica en la bibliografía consultada los límites del sistema, pueden definirse a consecuencia de los objetivos que persigue el investigador con el estudio. Esto se debe a que el ACV resulta muy extenso y se le suma a eso el proceso o producto al que se le aplique, que también puede ser más o menos extenso. Por tanto los límites del sistema los define el propio investigador. En esta investigación dichos límites quedan enmarcados en la figura 3.1 y 3.2, tratándose en la primera, el sistema de producto y en la segunda, las entradas de productos y materiales a dicho sistema de producto.

Es necesario aclarar que en la ejecución del contrato, no solo se tratan las etapas de construcción por las que atraviesa el proyecto, también esta implica el presupuesto, los requerimientos técnicos y de arquitectura, pero no se incluyen en ninguna de las dos figuras anteriores, porque para hacer el análisis del sistema de producto, sólo es necesario hacer referencia a los elementos que allí se exponen.

Capítulo 3

3.2.5 Criterios para la inclusión inicial de entradas y salidas.

Los criterios de inclusión que fija esta metodología son: masa, energía y pertinencia ambiental, pero en el caso de este estudio se usa el criterio de masa y energía, esto se debe a que la mayor cantidad de entradas al sistema responden a estos criterios.

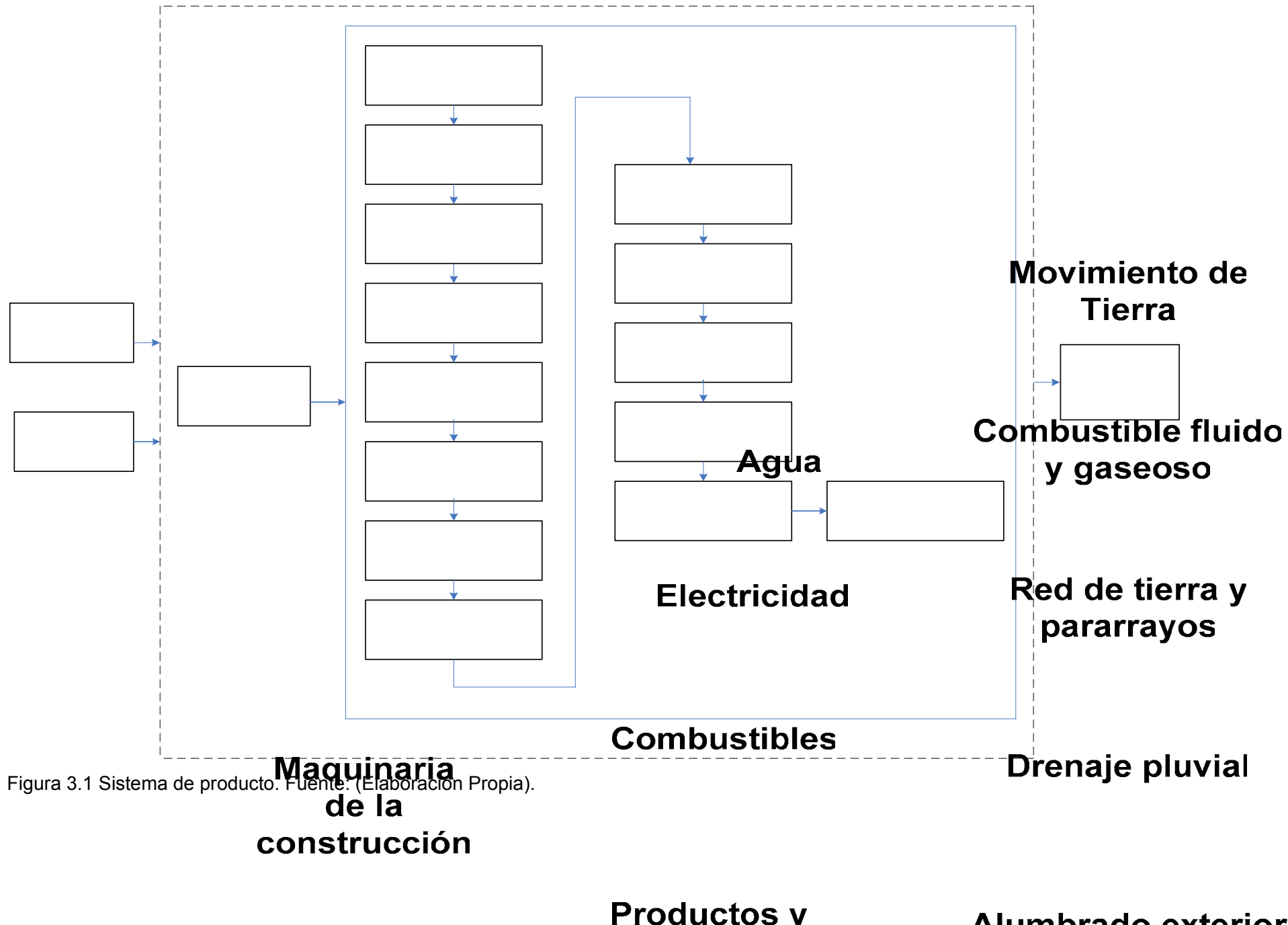
3.2.6 Requisitos de calidad de los datos.

En cuanto a la calidad de los datos, hasta el momento no existen patrones de fiabilidad que permitan establecer una comparación en cuanto a los parámetros que se mencionan anteriormente en la metodología. No se pueden utilizar datos de sitios específicos para los procesos unitarios que son considerados por tener emisiones vinculadas al medio ambiente, a diferencia de lo que recomienda la metodología para poder establecer patrones de fiabilidad.

Esto se debe a que el presente trabajo es el primer estudio en la construcción, según se conoce hasta el momento, por tanto, no es posible determinar la calidad de los datos.

Después de analizar cada uno de los puntos de la metodología, se evalúan los impactos del ciclo de vida, y para esto se dedica un epígrafe que trata la evaluación de impacto a través de los métodos seleccionados.

Para la evaluación de los impactos, se introducen todas las entradas, ya sean del tipo materiales, materias primas, productos, energía, y se compilan de manera que el programa Sima Pro facilita el trabajo, evaluando los impactos para cada método seleccionado.



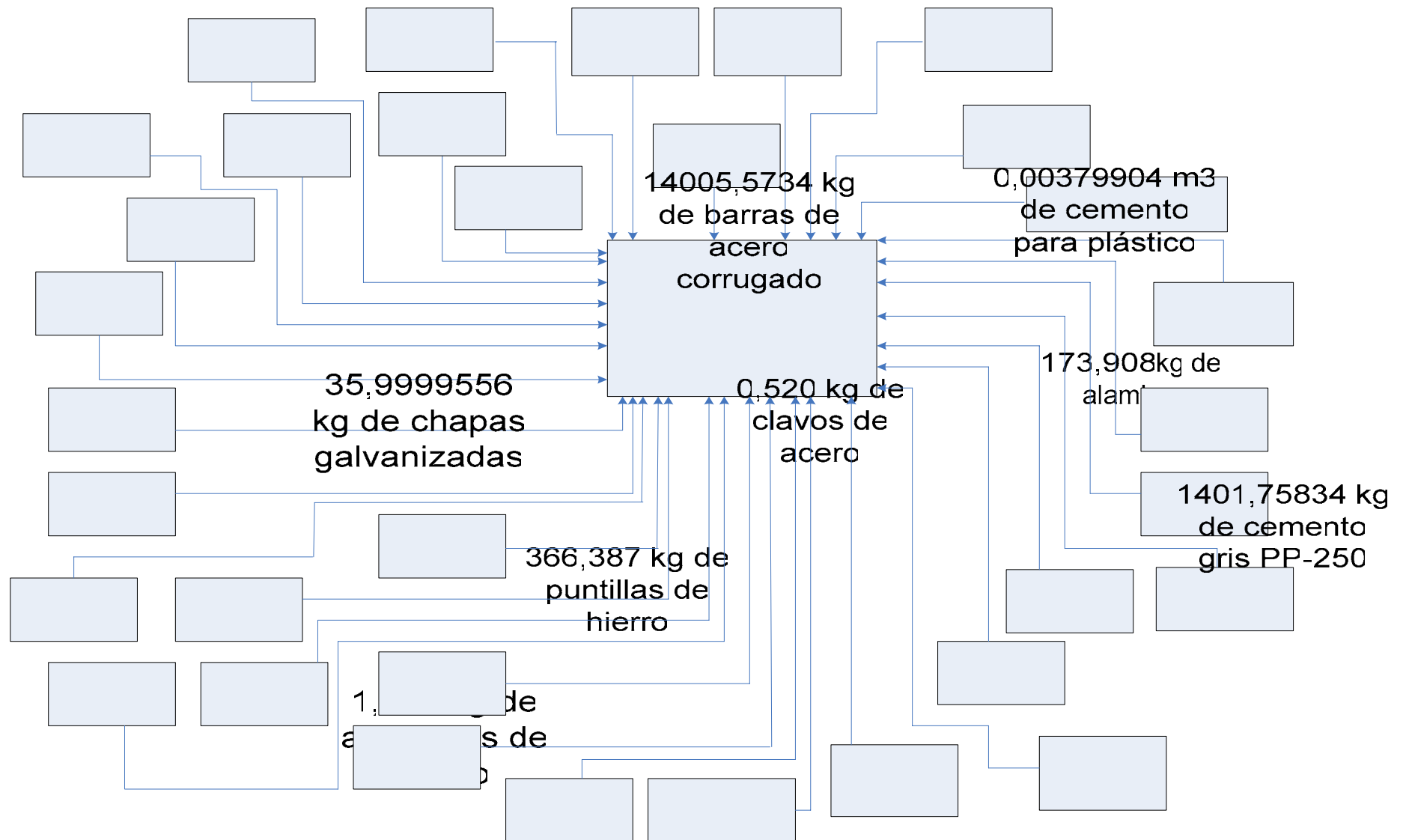


Figura 3.2 Entrada de productos y materiales al sistema de productos. Fuente: (Elaboración Propia).

52,913 kg de
electrodos de
acero

Capítulo 3

Los tres métodos seleccionados son: EDIP, Ecoindicador 98 e IMPACT 2002, el primero está enfocado a categorías intermedias, es decir, cuantifica los impactos y Ecoindicador 98, a categorías finales, esto significa que cuantifica los daños y los impactos; y finalmente IMPACT 2002, propone una puesta en práctica más viable sobre el enfoque punto medio/ daño, tema abordado en el capítulo anterior.

El objetivo de utilizar un método de punto intermedio, uno de punto final e IMPACT 2002 específicamente, radica en establecer una comparación entre los resultados de los mismos, para verificar que conduzcan a hacer el mismo análisis con respecto a los elementos de impacto o daño.

3.2.7 Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida con Ecoindicador 99.

En las tablas 3.4 y 3.5 se muestran los resultados de la ponderación según las categorías de impacto y de daño de las entradas al sistema de producto según el Método Ecoindicador 99.

Las tablas 3.1, 3.2 y 3.3 que contienen la caracterización, evaluación del daño y normalización respectivamente, aparecen en el Anexo F.

Las tablas 3.4 y 3.5 que muestran las puntuaciones para las categorías de impacto y de daño respectivamente, apuntan que los elementos de mayor incidencia sobre las distintas categorías de impacto son los portadores energéticos.

El gráfico 3.1 señala la puntuación que tiene cada uno de los procesos en las distintas categorías de impacto y el de mayor puntuación es el de los portadores energéticos y donde más inciden es en las categorías de Fósil Fuel y respiratorios inorgánicos.

El gráfico 3.2 hace este mismo análisis, pero la puntuación es por categorías de daño y concuerda con el anterior, debido a que los elementos que mayor puntuación reciben son los portadores energéticos, incidiendo en mayor número sobre los recursos naturales y luego sobre la salud humana.

Evidentemente todo el análisis hecho a través de este método, demuestra que lo que más incide en categorías de impacto y de daños es el elemento: Portadores Energéticos. A consecuencia de esto, se hace un análisis donde se comparan todas las entradas que se agrupan dentro de esta categoría, para ver cual es el que mas puntuación recibe con respecto a categorías de impacto y de daños.

En la tabla 3.8 se puede observar la ponderación para las categorías de impacto de los portadores energéticos y en la 3.9 la puntuación para las categorías de daño; mientras que en

Capítulo 3

el Anexo G, aparecen las tablas que contienen los resultados de la caracterización, la evaluación del daño y la normalización referente a los mismos.

Al hacerse el análisis a los diferentes portadores energéticos, se observa en el gráfico 3.3 que el diesel es el de mayor puntuación para las distintas categorías de impacto, y es el que más incide en la categoría combustibles fósiles, luego respiratorios inorgánicos y después en los cambios climáticos. El otro portador energético que le sigue al diesel en puntuación de impactos la electricidad.

El gráfico 3.4 también coincide en su análisis con el anterior, pues demuestra que el diesel es el portador energético que más incide en categorías de daño, primero en los recursos naturales y segundo en la salud humana. Aunque en comparación con el diesel, no es de gran envergadura, el fuel Oil usado para la electricidad también impacta en menor medida a los recursos naturales y a la salud humana y finalmente, la gasolina.

A modo de conclusión, del análisis de evaluación de impactos por el método Ecoindicador 99, se demuestra que, según categorías de daño y de impacto, lo que más influye es el elemento Portadores Energéticos y dentro de estos, el diesel. Por tanto, antes de aplicar cualquier plan de mejora, es necesario evaluar los impactos y daños utilizando los otros métodos seleccionados para comparar la veracidad de los resultados.

A continuación se muestra en el siguiente epígrafe el mismo análisis mediante otro método de Evaluación de impacto: EDIP.

3.2.8 Evaluación de Impactos con el método EDIP.

En la tabla 3.11 se puede ver la ponderación para las distintas categorías de impacto que tiene este método y en el Anexo H se muestran las tablas 3.11 y 3.12 que contienen los valores de caracterización y normalización de este método.

Ya en el gráfico 3.5 si se puede ver más claramente que los valores más altos de normalización los tienen los Portadores Energéticos en la categoría Ecotoxicidad Acuática y luego la Toxicidad Humana y no muy significativos los valores de Sólidos no Metálicos. En el gráfico 3.6 que muestra la ponderación, se observa que los Portadores energéticos son los que más impactan, sobre todo a la categoría Ecotoxicidad acuática y en menor medida los sólidos no metálicos.

Por tanto, se concluye que con la Evaluación de Impactos a través del método EDIP, llegando al mismo resultado que el análisis anterior; lo que más impacta son los portadores energéticos.

Capítulo 3

Entonces, finalmente se hace un último análisis para evaluar los impactos con el método IMPACT 2002 que se presenta en el siguiente epígrafe.

3.2.9 Evaluación de Impactos con el método IMPACT 2002.

Como se ha explicado en el curso de la presente investigación, este método utiliza una combinación de enfoque punto medio/daños y este esquema se puede observar en la figura 2.5 del capítulo anterior.

Entonces, las tablas 3.14, 3.15 y 3.16 que aparecen en el Anexo I muestran los valores de caracterización, evaluación del daño y normalización respectivamente. En la tabla 3.17 y 3.18 se muestran la ponderación por categorías de impacto y de daños respectivamente según este método. Sin embargo, en los gráficos 3.7 y 3.8 se detalla de forma más clara y precisa este mismo análisis; resultando que también los portadores energéticos son los que más impactan principalmente en las categorías Energía no renovable, Respiratorios inorgánicos y Calentamiento global, después de estos, los sólidos no metálicos y los metales impactan en menor medida a las diferentes categorías de impacto.

A su vez el gráfico 3.8, también demuestra que los portadores energéticos son los que más impactan en las categorías de daño, primero a los recursos naturales, luego a la salud humana, después a los cambios climáticos y por último a la calidad del ecosistema. También los sólidos no metálicos y los metales impactan a las diferentes categorías de daño, pero en menor medida, aunque nada que aquí se considere en menor medida es insignificante, porque evidentemente son impactos reales, sólo que comparado con los que más impactan, no son significativos.

También este método hace un análisis para cada uno de los portadores energéticos, debido a que son los que más puntuación tienen en cuanto a categorías de impacto y de daños.

En las tablas 3.19 y 3.20 que aparecen en el Anexo J, se presentan los resultados de los valores de la caracterización y la evaluación del daño para los distintos tipos de portadores energéticos. Mientras que en las tablas 3.21 y 3.22 se muestra la ponderación para las categorías de impacto y de daño. Entonces en los gráficos 3.9 y 3.10 se observa nuevamente que el portador energético que mas influye es el diesel, impactando primeramente la energía no renovable, los respiratorios inorgánicos, el calentamiento global y la ecotoxicidad terrestre, los demás impactan en menor medida y se pueden observar en el gráfico. El siguiente portador energético en cuanto a puntuación, es la electricidad y en muy pequeña puntuación, la gasolina.

Capítulo 3

A su vez en el gráfico de puntuación por categoría de daños, el diesel también es el portador energético que más impacta en mayor puntuación a los recursos naturales, seguido por la salud humana, los cambios climáticos y la calidad del ecosistema. El siguiente portador energético es el oil usado para producir electricidad impactando en el mismo orden a las categorías de daño.

Entonces finalmente, se concluye este análisis de evaluación de impacto, donde se demuestra la veracidad de los diferentes métodos aplicados, pues cada uno de estos conduce a los mismos resultados, en cuanto a materiales, recursos y energía. Haciéndose evidente que entre las principales entradas al sistema de producto, el de mayor puntuación, tanto para categoría de impactos, como de daños, es el grupo Portadores Energéticos, los sólidos no metálicos y los metales, dentro del primer grupo, los más impactantes son el diesel, seguido por la electricidad y luego la gasolina. En la tabla 3.22 se muestra un resumen de la comparación de resultados obtenidos por los tres métodos aplicados.

Donde el primer lugar, se le asigna al método que en función de las causas de impacto, le da mayor puntuación, segundo lugar al que recibe una puntuación intermedia, es decir, menor que el primero y tercer lugar al que recibe menor puntuación que el primero y el segundo.

Para darle solución a estos problemas medioambientales, es necesario señalar que tanto el uso de portadores energéticos, como de materiales metales y sólidos no metálicos, a pesar de sus impactos; sigue siendo imprescindible; la idea radica en encontrar la forma de minimizar estos impactos mediante la optimización de estos importantes recursos; es decir, emplear exclusivamente las cantidades que se necesitan a lo largo del ciclo de vida de los proyectos, de manera que se minimicen los impactos causados por estos; por lo que la solución es: Optimizar el Uso de estos Recursos.

Por tanto, este planteamiento deja clara la necesidad de aplicar un plan de mejoras que permita minimizar estos impactos y optimizar el uso de estos recursos en la Ejecución de proyectos como ya se ha planteado anteriormente. Para esto se utiliza el plan de mejoras, que facilita la toma de medidas, para el seguimiento y control del uso de los materiales y los portadores energéticos. Esta herramienta posibilita un enfoque consistente y flexible para el monitoreo y control de un proceso.

Principales Causas de Impacto	Ecoindicador-99	EDIP	IMPACT	General
1.Portadores energéticos	Primer lugar	Primer lugar	Primer lugar	Mayor puntuación
2. Metales.	Segundo lugar	Segundo lugar	Segundo lugar	Puntuación Intermedia
3. Sólidos no metálicos	Tercer lugar	Tercer lugar	Tercer lugar	Menor puntuación

Tabla 3.22 comparación de resultados por los tres métodos aplicados. Fuente: (Elaboración propia).

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Carcinogens	Pt	0,00018885	46,125625	4,5258358	332,38483	33,441723
Respiratory organics	Pt	2,91E-06	0,96485624	0,04591512	90,440226	0,95834707
Respiratory inorganics	Pt	0,00153696	843,61546	25,015808	6689,3106	1511,3556
Climate change	Pt	0,0005569	142,55276	8,3143067	1741,7365	615,91025
Radiation	Pt	3,86E-05	0,54674428	0,42946155	13,577564	5,4769422
Ozone layer	Pt	2,37E-07	0,00498808	0,011881051	40,751126	0,094877563
Ecotoxicity	Pt	0,00014416	74,452322	10,610311	920,71341	34,798287
Acidification/ Eutrophication	Pt	0,0001223	81,225364	2,1695496	667,92829	103,35687
Land use	Pt	5,20E-05	138,56513	2,0762935	277,72675	43,607145
Minerals	Pt	6,36E-05	2263,8908	5,0469619	34,510461	29,981308
Fossil fuels	Pt	0,00290507	1209,2273	75,568912	41909,205	1385,313

Tabla 3.4 Ponderación para las categorías de impacto (Ecoindicador 99).

Daño de categoría	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Human Health	Pt	0,00232445	1033,8104	38,343208	8908,2008	2167,2378
Ecosystem Quality	Pt	0,00031847	294,24282	14,856154	1866,3684	181,76231
Resources	Pt	0,00296865	3473,1181	80,615873	41943,716	1415,2943

Tabla 3.5 Puntuación única para las categorías de daño (Ecoindicador 99).

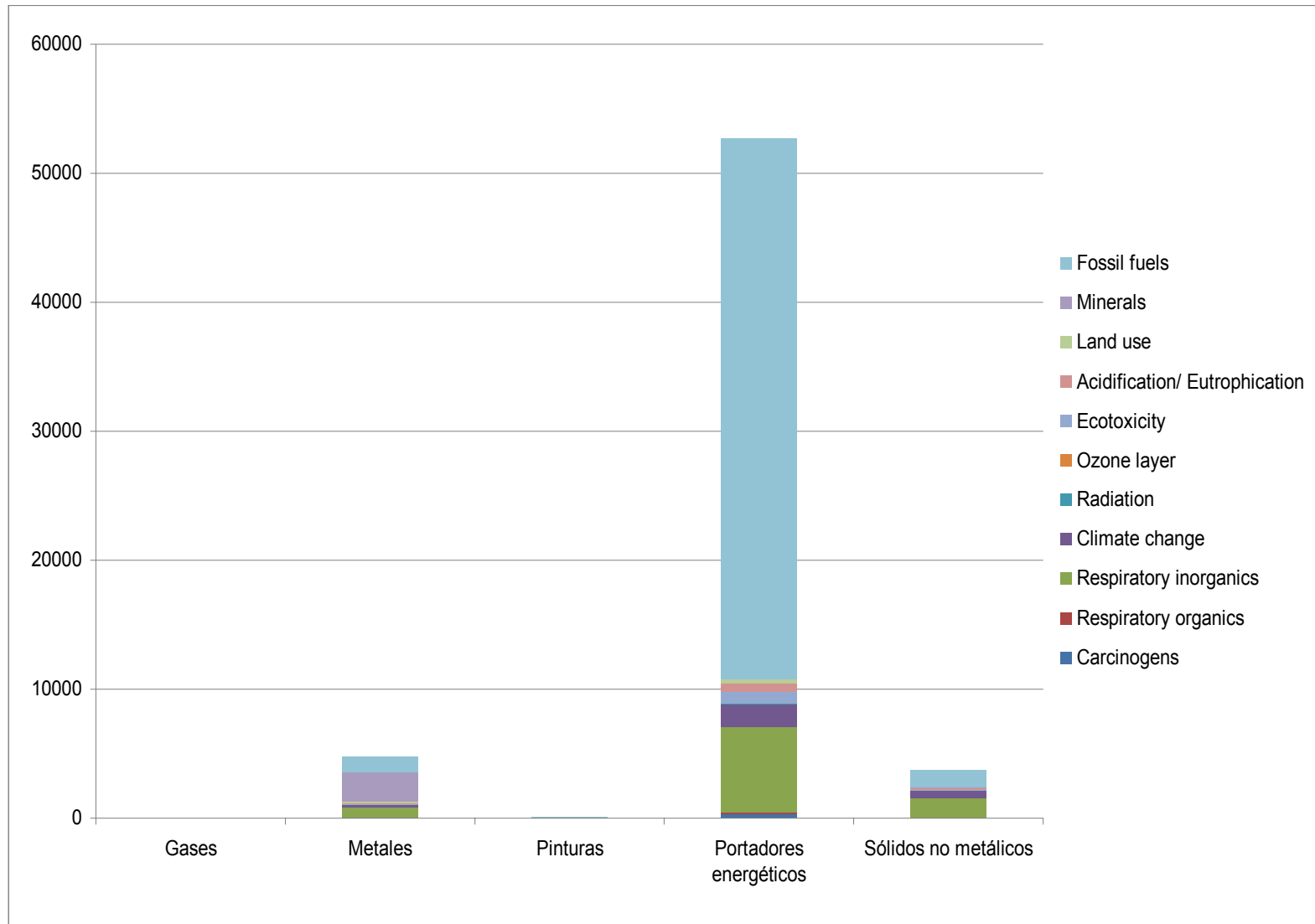


Gráfico 3.1: Ponderación por categorías de impacto (Ecoindicador 99).

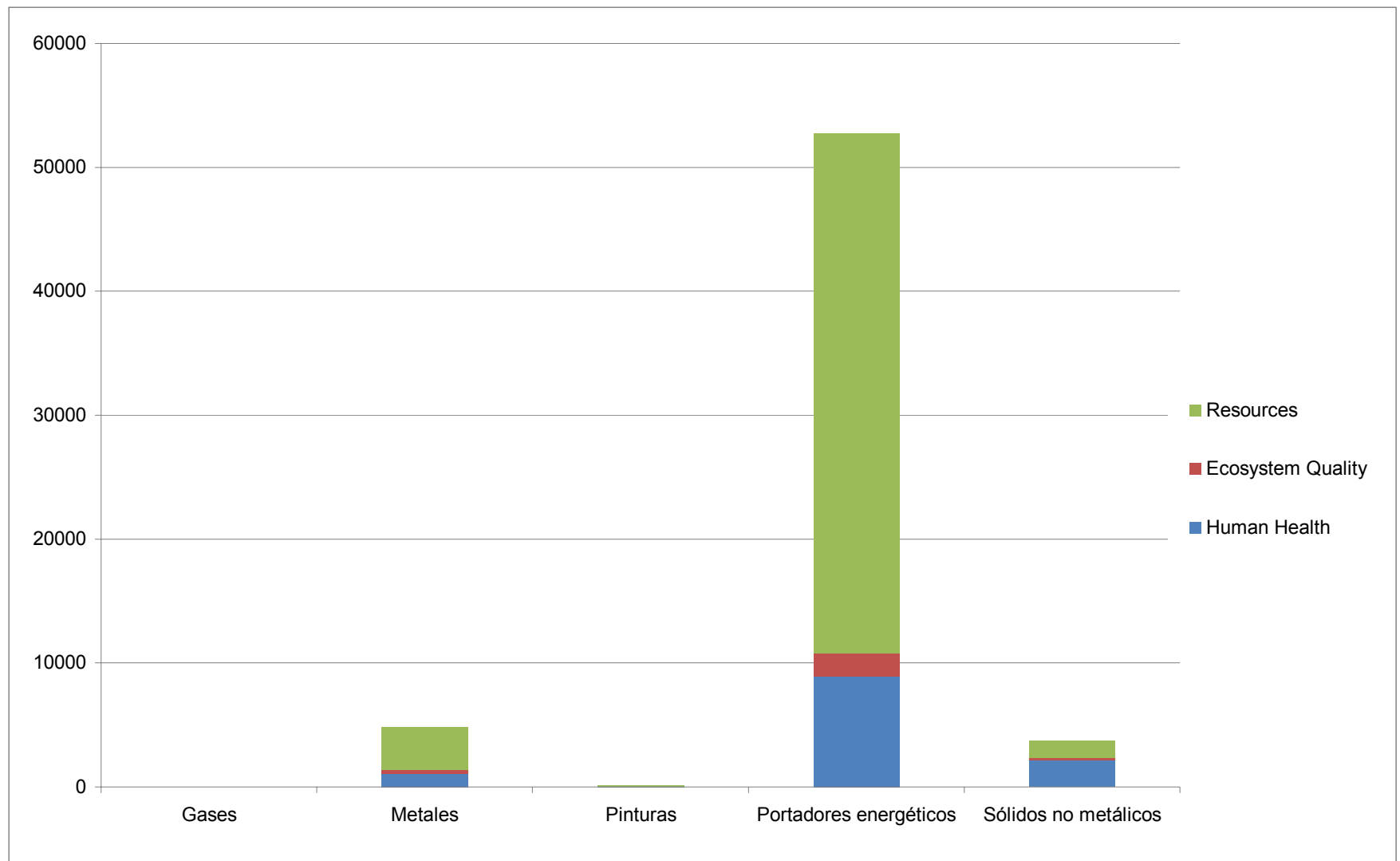


Gráfico 3.2: Puntuación por categoría de daño (Ecoindicador 99).

Categoría de impacto	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Carcinogens	Pt	332,38483	176,05022	1,9688048	154,36581
Respiratory organics	Pt	90,440226	76,362753	1,0752517	13,002221
Respiratory inorganics	Pt	6689,3106	3310,7686	38,972517	3339,5695
Climate change	Pt	1741,7365	853,15995	9,4806705	879,09588
Radiation	Pt	13,577564	13,577564	0	0
Ozone layer	Pt	40,751126	36,932295	0,000391365	3,8184391
Ecotoxicity	Pt	920,71341	335,55896	0,74795972	584,40648
Acidification/ Eutrophication	Pt	667,92829	373,72154	3,7843079	290,42244
Land use	Pt	277,72675	277,72675	0	0
Minerals	Pt	34,510461	34,510461	0	0
Fossil fuels	Pt	41909,205	35166,874	625,2239	6117,1073

Tabla 3.9 Ponderación por categorías de impacto de los portadores energéticos (Ecoindicador 99).

Daño de categoría	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Human Health	Pt	8908,2008	4466,8514	51,497636	4389,8518
Ecosystem Quality	Pt	1866,3684	987,00725	4,5322676	874,82893
Resources	Pt	41943,716	35201,385	625,2239	6117,1073

Tabla 3.10 Puntuación única para las categorías de daño (Ecoindicador 99).

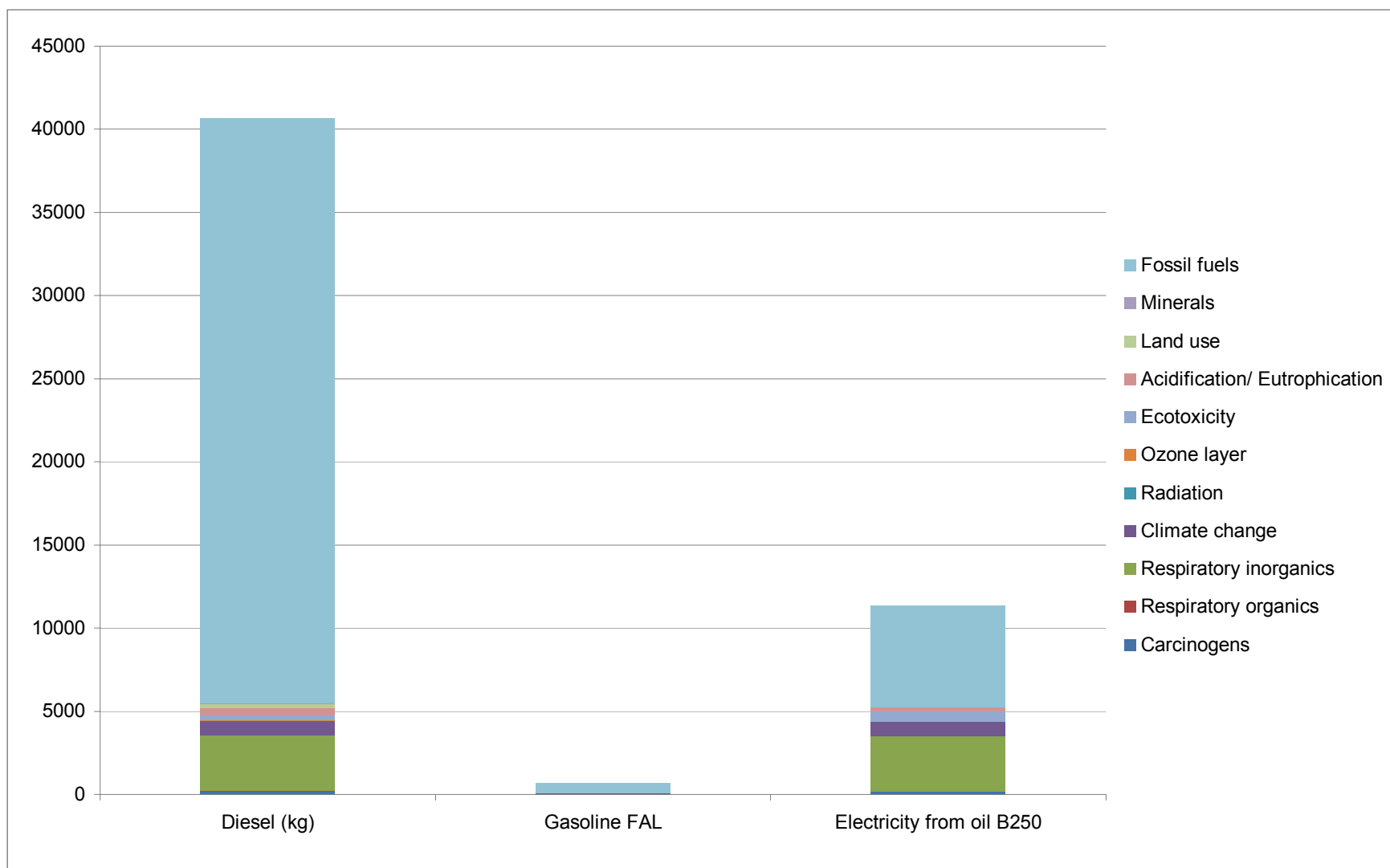


Gráfico 3.3: Análisis para los portadores energéticos por categorías de impacto (Ecoindicador 99).

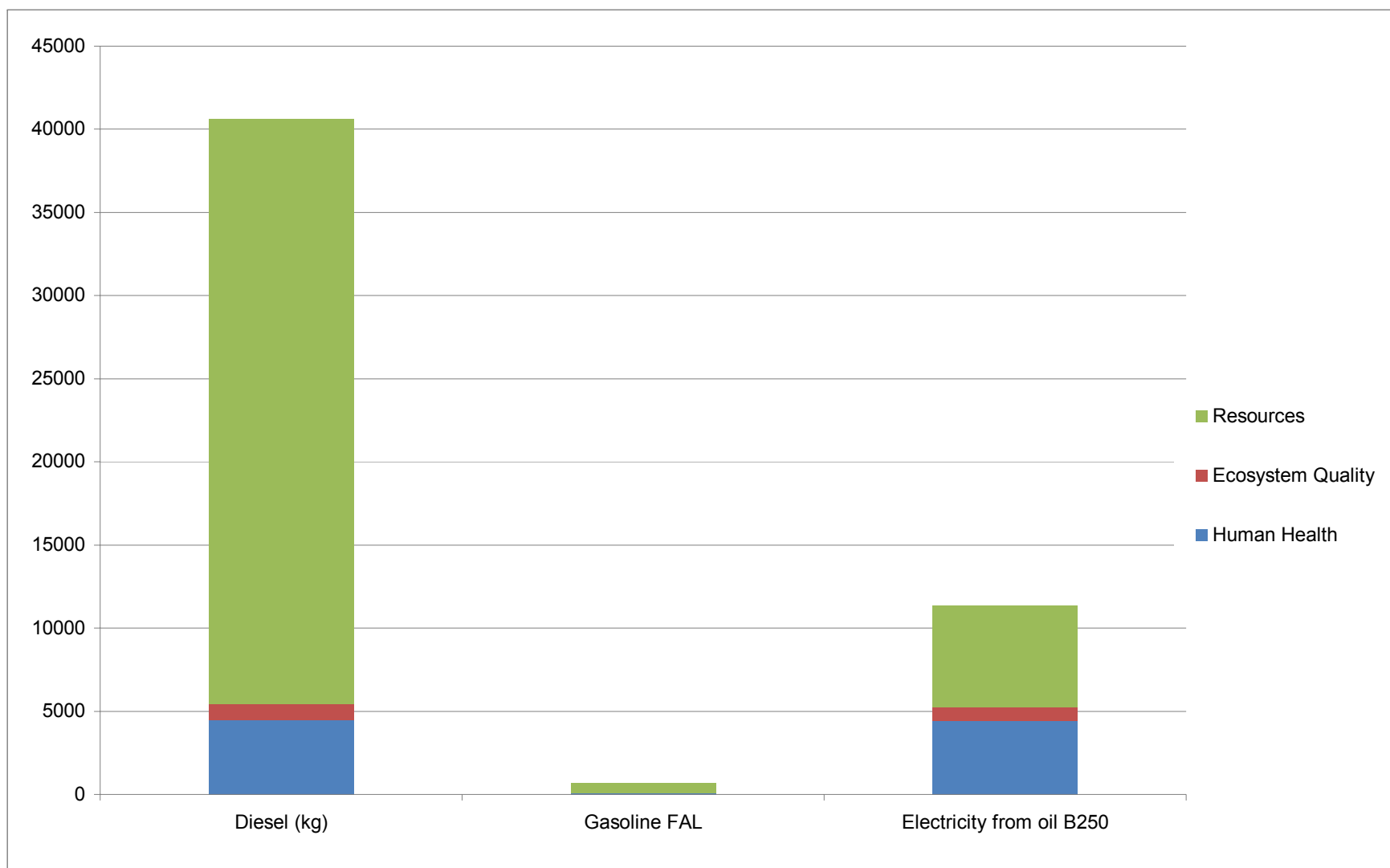
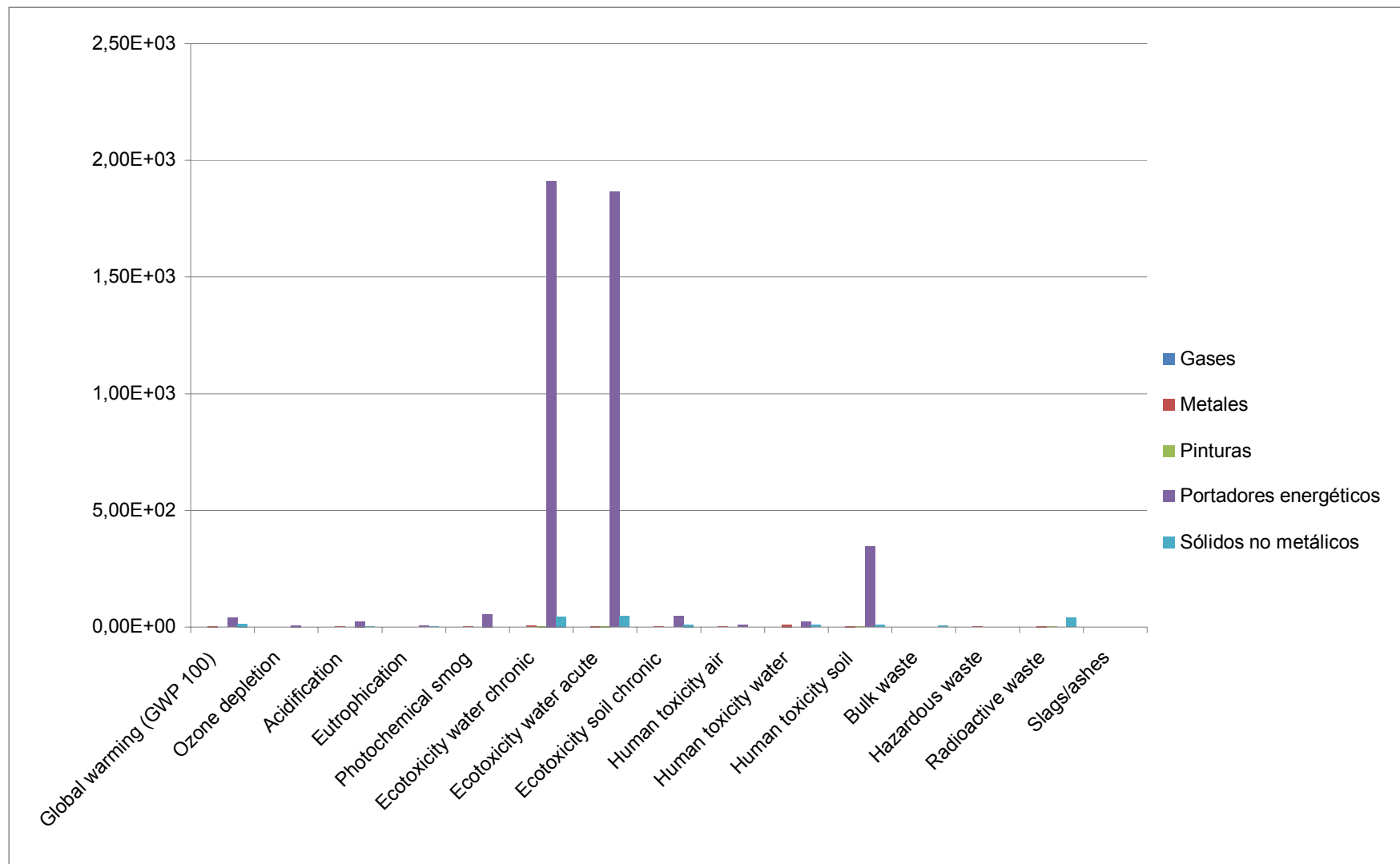


Gráfico 3.4: Puntuación por categoría de daño para los Portadores Energéticos (Ecoindicador 99).

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Global warming (GWP 100)	Pt	1,56E-05	3,9901637	0,23164156	50,699156	17,01571
Ozone depletion	Pt	9,94E-07	0,02088943	0,04970988	170,48334	0,39744283
Acidification	Pt	5,93E-06	2,8678754	0,09050194	33,053151	2,3716878
Eutrophication	Pt	1,19E-06	0,83460734	0,02569507	7,0794045	1,2147661
Photochemical smog	Pt	5,31E-06	1,4130897	0,05040565	67,50238	0,85857495
Ecotoxicity water chronic	Pt	0,00020236	15,284258	7,4588511	4398,575	107,16225
Ecotoxicity water acute	Pt	0,00020116	7,4406749	7,2951468	4288,0158	107,83142
Ecotoxicity soil chronic	Pt	0,00012635	3,176248	1,8191867	111,40712	26,528071
Human toxicity air	Pt	4,22E-06	8,0259598	1,1195488	25,5913	1,7886257
Human toxicity water	Pt	3,34E-05	29,838885	1,0145545	57,755068	24,715986
Human toxicity soil	Pt	9,79E-05	11,598703	4,5038284	866,59294	25,889189
Bulk waste	Pt	2,71E-06	0,2241815	0,18149249	0,069090174	7,6318618
Hazardous waste	Pt	1,18E-07	1,2502455	0,00637809	0	0,020814022
Radioactive waste	Pt	0,00032368	4,5862024	2,2392428	0	42,96999
Slags/ashes	Pt	2,18E-08	0,00382063	0,00085172	0	0,076702279

Tabla 3.11: Ponderación por categoría de impacto (EDIP).



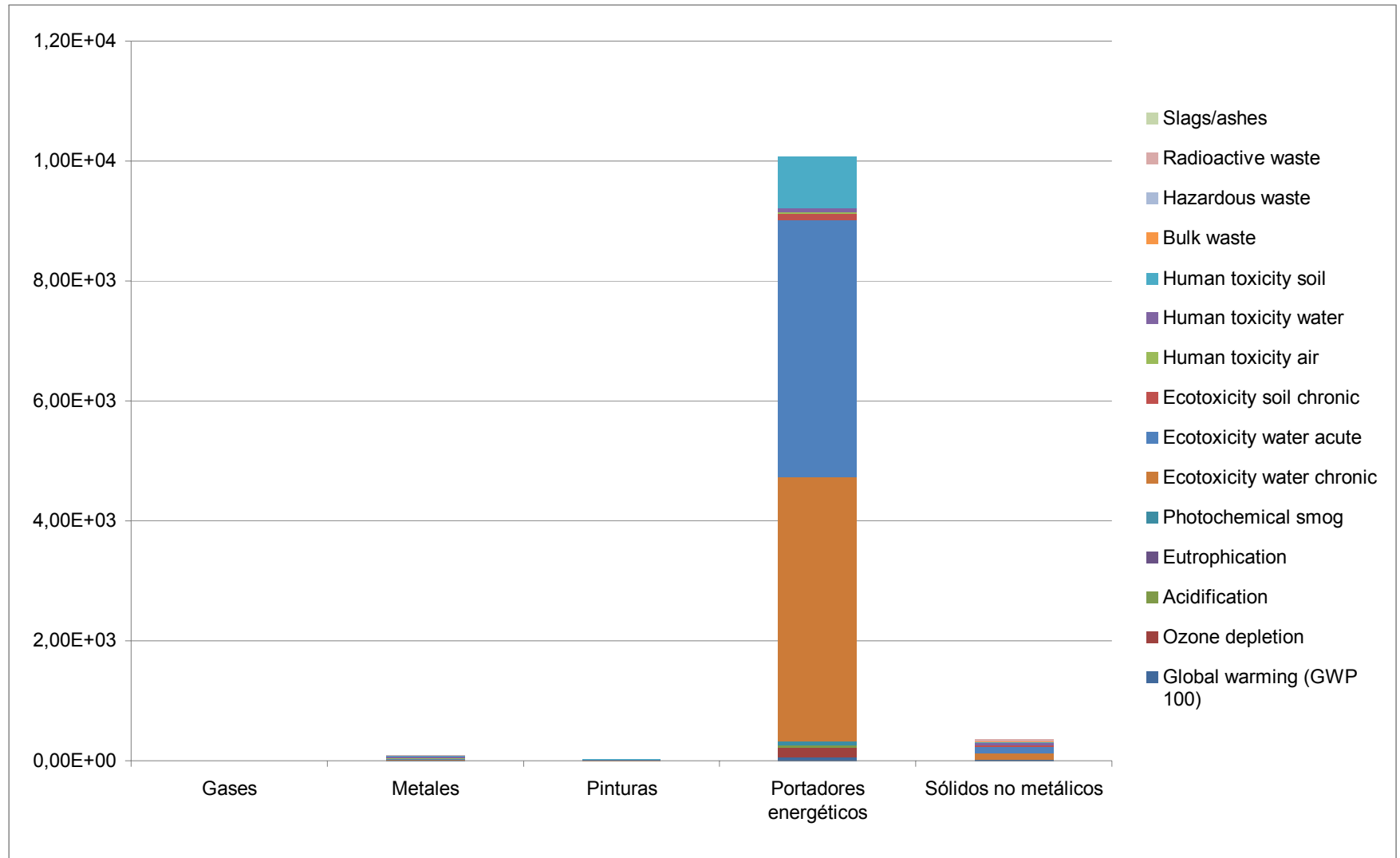


Gráfico 3.6: Ponderación por categorías de impacto (EDIP).

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Carcinogens	Pt	5,06E-07	1,5681612	0,00649135	2,3139913	0,12109595
Non-Carcinogens	Pt	2,73E-07	7,650042	0,02162884	1,5559384	0,43627788
Respiratory inorganics	Pt	7,97E-06	3,4671448	0,12584041	36,428332	4,1099206
Ionizing radiation	Pt	2,21E-07	0,00312667	0,00241186	0,073973831	0,030979866
Ozone layer depletion	Pt	1,34E-09	2,78E-05	6,09E-05	0,22204388	0,000520613
Respiratory organics	Pt	1,56E-08	0,0004579	0,00024501	0,49272933	0,004944231
Aquatic ecotoxicity	Pt	1,65E-07	0,01446506	0,00178103	0,40261597	0,021180142
Terrestrial ecotoxicity	Pt	5,00E-07	0,31667373	0,01824838	9,2161205	0,29019417
Terrestrial acid/nutri	Pt	1,14E-07	0,07594524	0,00202818	0,62451188	0,096634661
Land occupation	Pt	2,71E-08	0,11474189	0,0014079	0,25992375	0,048278428
Global warming	Pt	1,01E-05	2,6419094	0,15025077	30,740389	11,167097
Non-renewable energy	Pt	1,49E-05	3,3593305	0,24480877	104,84962	4,161767
Mineral extraction	Pt	5,41E-09	0,44281783	0,00078613	0,006758299	0,002672881

Tabla 3.17: Ponderación por categoría de impacto (IMPACT 2002).

Daño de categoría	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Human Health	Pt	8,99E-06	12,68896	0,15667833	41,087009	4,7037392
Ecosystem Quality	Pt	8,06E-07	0,52182592	0,02346549	10,503172	0,4562874
Climate Change	Pt	1,01E-05	2,6419094	0,15025077	30,740389	11,167097
Resources	Pt	1,50E-05	3,8021483	0,2455949	104,85638	4,1644399

Tabla 3.18: Puntuación única para las categorías de daño (IMPACT 2002).

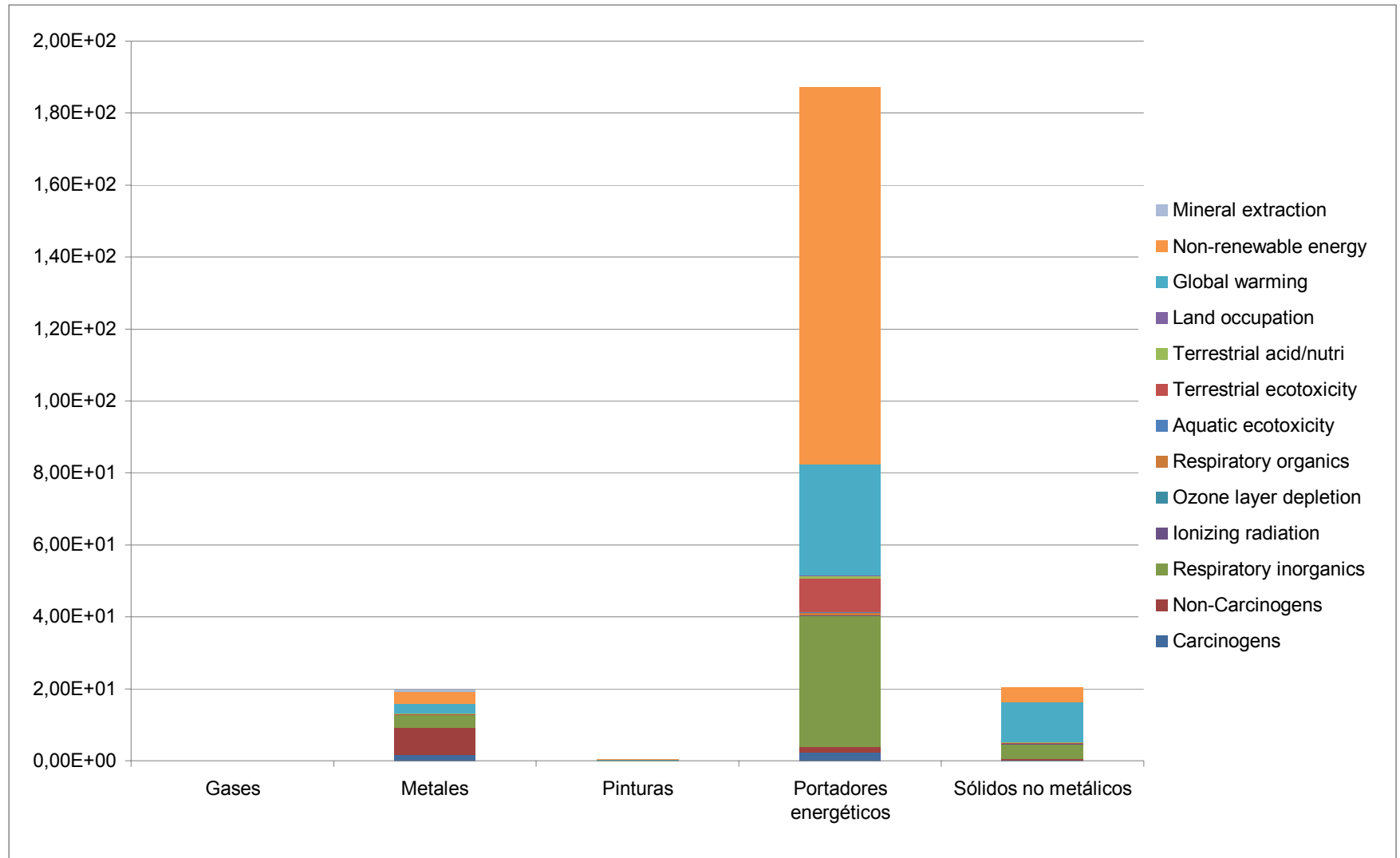


Gráfico 3.7: Puntuación para las categorías de impacto (IMPACT 12002).

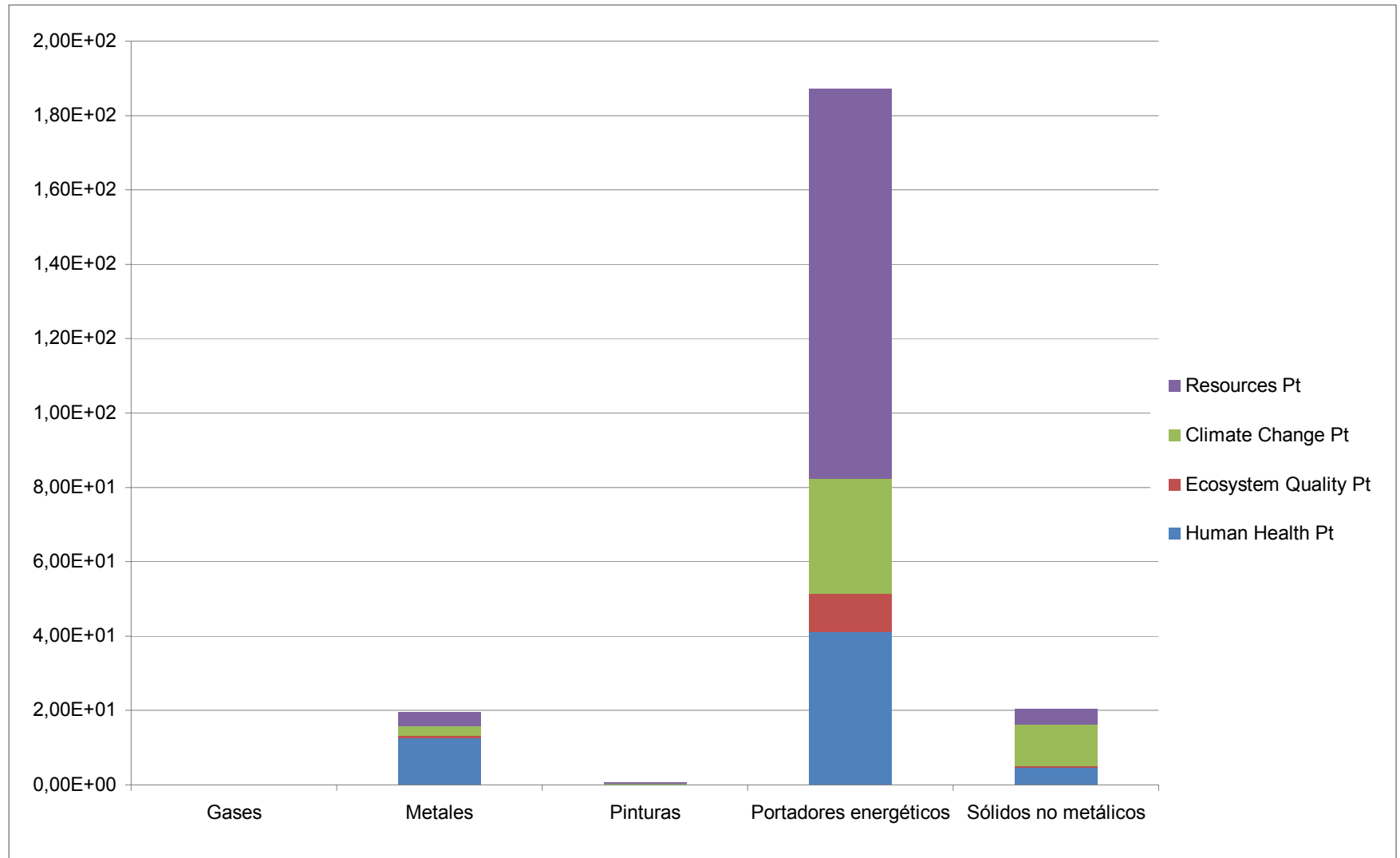


Gráfico 3.8: Puntuación para las categorías de daño (IMPACT 2002).

Categoría de impacto	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Carcinogens	Pt	2,3139913	0,6246803	3,99E-05	1,6892711
Non-Carcinogens	Pt	1,5559384	1,4088548	0,000566875	0,14651669
Respiratory inorganics	Pt	36,428332	18,037804	0,1958103	18,194718
Ionizing radiation	Pt	0,073973831	0,07397383	0	0
Ozone layer depletion	Pt	0,22204388	0,20123888	1,30E-06	0,020803706
Respiratory organics	Pt	0,49272933	0,41603272	0,005858187	0,070838415
Aquatic ecotoxicity	Pt	0,40261597	0,38857524	1,35E-05	0,014027263
Terrestrial ecotoxicity	Pt	9,2161205	8,9007811	0,000457921	0,31488156
Terrestrial acid/nutri	Pt	0,62451188	0,34942904	0,003538322	0,27154452
Land occupation	Pt	0,25992375	0,25992375	0	0
Aquatic acidification	Pt	-	-	-	-
Aquatic eutrophication	Pt	-	-	-	-
Global warming	Pt	30,740389	14,524409	0,1721333	16,043846
Non-renewable energy	Pt	104,84962	88,870223	1,473384	14,506018
Mineral extraction	Pt	0,006758299	0,0067583	0	0

Tabla 3.21: Ponderación por categoría de impacto para los portadores energéticos (IMPACT 2002).

Daño de categoría	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Human Health	Pt	41,087009	20,762585	0,20227659	20,122148
Ecosystem Quality	Pt	10,503172	9,8987091	0,004009716	0,60045334
Climate Change	Pt	30,740389	14,524409	0,1721333	16,043846
Resources	Pt	104,85638	88,876981	1,473384	14,506018

Tabla 3.22: Puntuación única por categorías de daño para los portadores energéticos (IMPACT 2002).

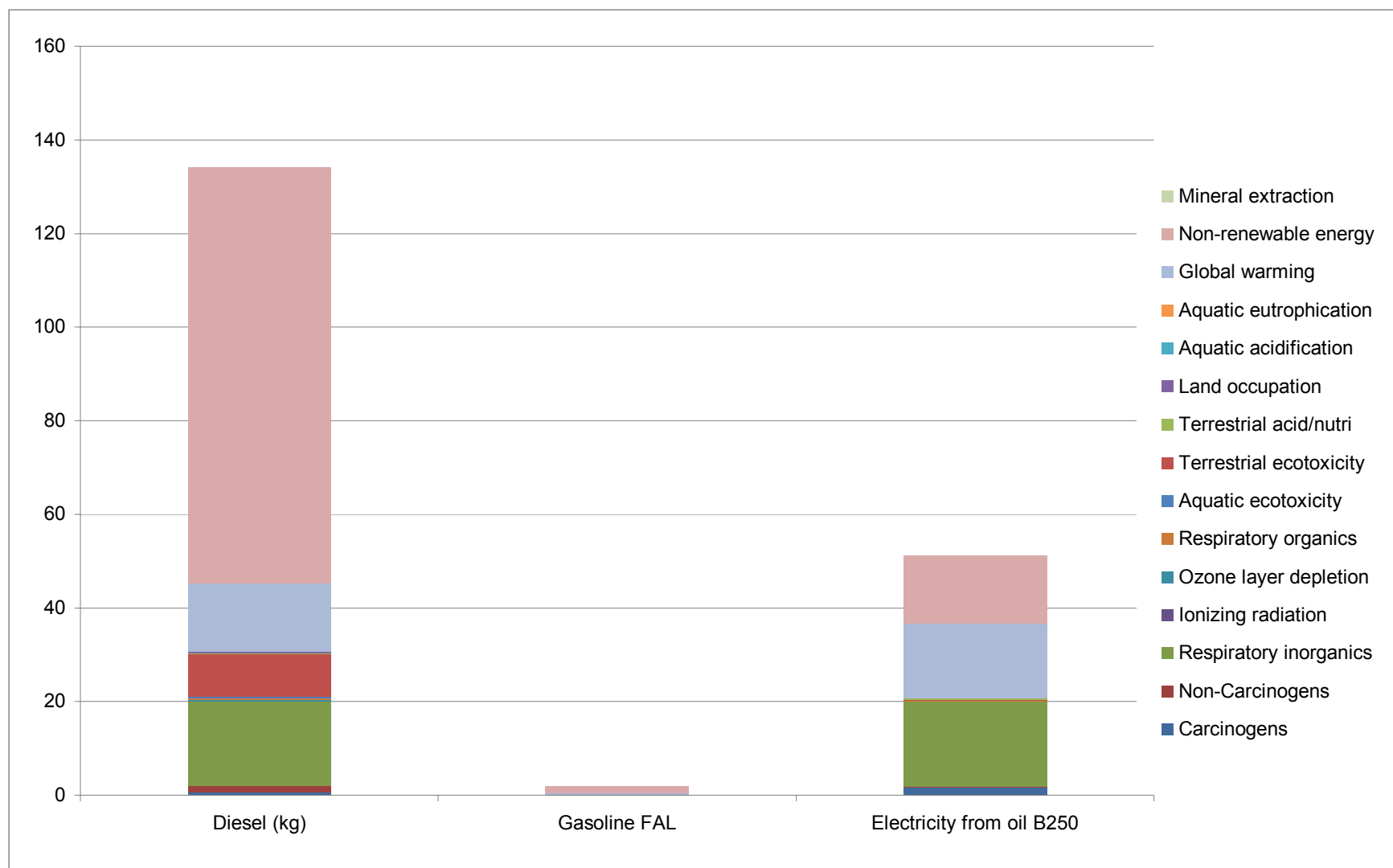


Gráfico 3.9: Puntuación por categorías de impacto para los portadores energéticos (IMPACT 2002).

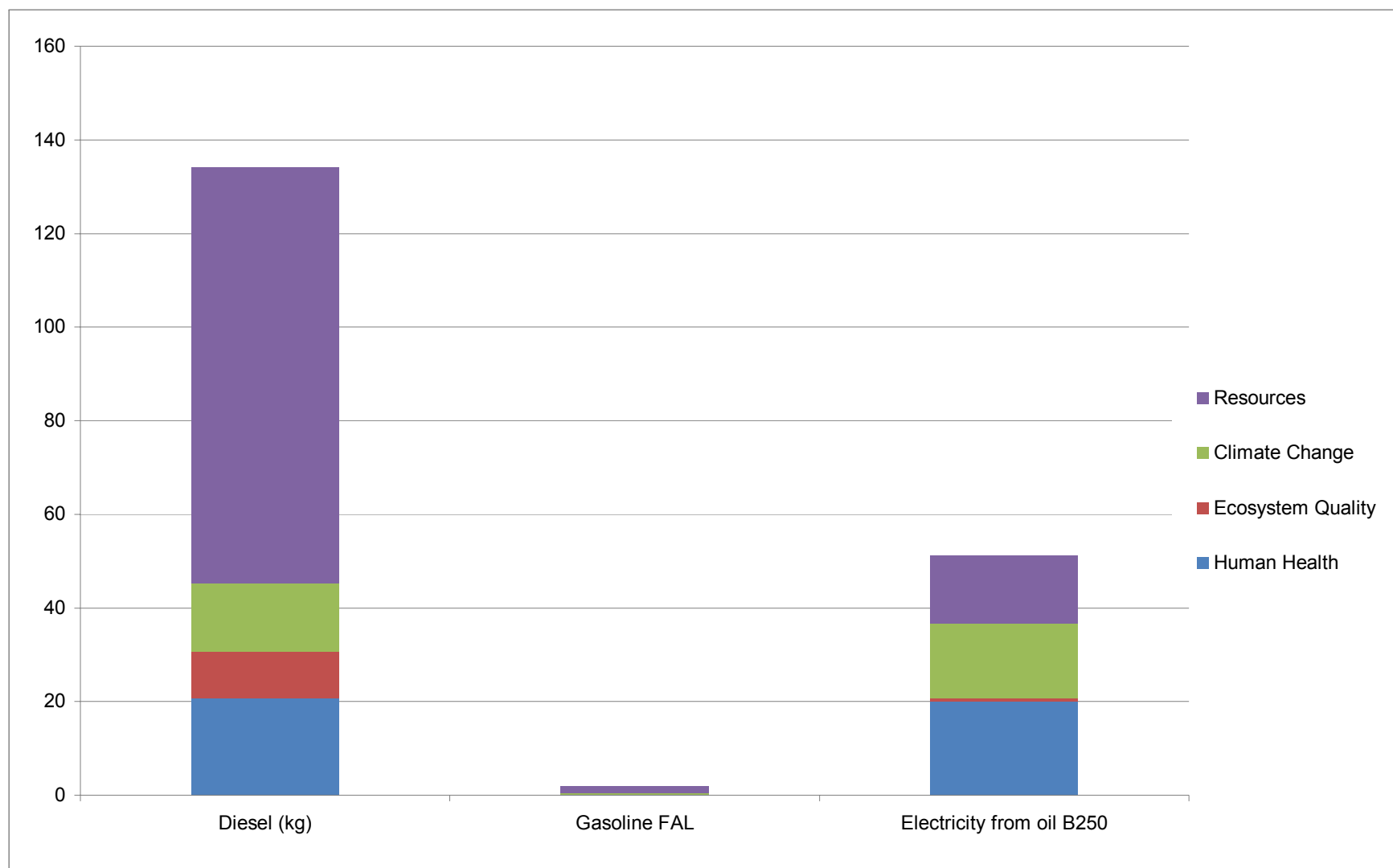


Gráfico 3.10: Puntuación por categoría de daño para los portadores energéticos (IMPACT 2002).

Capítulo 3

3.2.10 Propuesta del plan de mejoras en función de los principales impactos ambientales detectados a lo largo del ciclo de vida del Proyecto: Planta de Grupos Electrógenos de Cruces.

Los impactos detectados mediante la utilización del Análisis de ciclo de Vida, reciben un orden de prioridad, el cual es obtenido a través de la representación gráfica con los diferentes métodos utilizados.

A continuación se muestran descritas por orden de importancia, las principales causas que ocasionan impactos ambientales.

1. Los Portadores Energéticos: petróleo, electricidad y gasolina empleados a lo largo del ciclo de vida del proyecto, que constituyen una fuente de energía no renovable y son además los principales causantes de daños a los recursos naturales y la salud humana.
2. Los sólidos no metálicos, encontrándose dentro de estos los productos y materiales de la construcción, que son seleccionados en la ejecución del contrato, que por sus características de producción, no son ecológicos y contribuyen al calentamiento global y al agotamiento de las fuentes de energía no renovable, así como a la respiración de inorgánicos.
3. Los materiales y productos metálicos que son usados en la construcción que por sus particularidades, constituyen una fuente agotable de extracción mineral, causan efectos no carcinógenos, constituyendo en esta categoría los principales elementos que causan daños a la salud humana.

A partir de las causas enumeradas anteriormente, obtenidas del Análisis de Ciclo de Vida aplicado en la presente investigación, se hace evidente la necesidad de realizar un plan de mejoras que permita dar solución a estos problemas. Esta herramienta que posibilita dar soluciones a estas causas de impacto ambiental, es las 5W y 2H, y es necesario aclarar que no se muestra (How much), dejándose indicado al responsable de cada medida hacer el estudio de cuantificar monetariamente cada una de estas medidas. Dicho plan de mejoras incluye a varias empresas que están involucradas en el proyecto objeto de estudio a lo largo de su ciclo de vida. El plan de mejoras antes mencionado se puede ver en el Anexo K.

Capítulo 3

Conclusiones Parciales.

1. Se demuestra la necesidad de la utilización de una metodología que cuantifique los impactos ambientales a lo largo del Ciclo de Vida de los proyectos diseñados por la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura en Cienfuegos.
2. Se evalúan los impactos ambientales causados a lo largo del ciclo de vida del proyecto: Planta del Grupo Electrógeno de Cruces, donde las causas principales son los portadores energéticos, los metales y los sólidos no metálicos.
3. Se propone un plan de mejoras en función de las principales causas de impacto ambiental, presentándose medidas de control, con el fin de usar racionalmente la energía, los materiales y los combustibles, constituyendo esto una forma práctica de disminuir dichos impactos.

Conclusiones Generales.

Conclusiones Generales.

1. La Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura no tiene concebido como cuantificar el impacto ambiental de sus proyectos. En la presente investigación se demuestra la necesidad de la utilización de una metodología que cuantifique los impactos ambientales de los proyectos diseñados por la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos.
2. Se evalúan los impactos ambientales causados a lo largo del ciclo de vida del proyecto Planta del Grupo Electrógeno de Cruces, donde las causas principales son los portadores energéticos, los metales y los sólidos no metálicos por el impacto que tienen sobre los recursos no renovables y el cambio climático.
3. Se propone un plan de mejoras en función de las principales causas de impacto ambiental, planteándose medidas de control, con el fin de usar racionalmente la energía, los materiales y los combustibles, constituyendo esto una forma práctica de disminuir dichos impactos.

Recomendaciones.

Recomendaciones

- 1 Presentar los resultados de la aplicación del presente estudio de evaluación de impactos ambientales en el forum de Ciencia y Técnica de la empresa para motivar a que se adquiriera cultura en materia de evaluación de impactos ambientales utilizando el ciclo de vida.
- 2 Buscar acciones de integración entre las empresas implicadas en la realización de proyectos de construcción, de forma que se puedan utilizar materiales de menor impacto ambiental y cuya localización sea la más cercana posible para evitar la transportación de los materiales.
- 3 Proponer la aplicación de las herramientas de ACV en las etapas de diseño de los proyectos para evitar los problemas de contaminación que se pueden producir en las etapas subsiguientes como resultado de los errores en el diseño.

Bibliografía.

Bibliografía

- Alías, H. M. y. J., Guillermo José. (2007). "Construcción sostenible. Materiales de construcción energética y ambientalmente eficientes en el nordeste de Argentina." from <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n35/ahali.html>.
- Arango, C. (2007.). "Materiales para la construcción sostenible." from http://www2.csostenible.net/es_es/tclave/materiales/construccion/Pages/subhome.aspx.
- Arenas Cabello, F. J. (2007). El impacto Ambiental en la edificación. Criterios para una construcción sostenible.
- Armada, A. (2006). Ecodiseño y Análisis de Ciclo de Vida.
- Bakeas, S. M. (2006). "Análisis de Ciclo de Vida." from www.bakeas.org
www.compraverde.org.
- Capuz, S. y. F., Pablo (2002). Ecodiseño: Ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles. Ilustrada, Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
268
- Cardim, A. d. C. F. (2001). Análisis de ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento.
- Casales, S. "Aspectos económicos del desarrollo sustentable en Cuba." from <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/countr/cuba/eco.htm>
- Doménech, X. y. R., Joan. . "Evaluación ambiental. El Análisis del Ciclo de Vida (ACV).
." from <http://www.usc.es/biogrup/tesis%20acv.htm>.
- Domínguez, E. R. y. G., Mireya (2008). Modelación avanzada de Análisis de ciclo de vida.
Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.
- Espí, J. A. y. S., Eduardo (2002). El Análisis del Ciclo de Vida aplicado a los materiales de la construcción: "El Granito de la comunidad de Madrid". Madrid, Escuela T.S.I. de Minas Universidad Politécnica de Madrid.
- Espinosa, J. (2008). "Materiales de construcción ecológicos." from <http://www.biohaus.es/>.
- García, N. S. (2009) Cuba a la vanguardia en el uso de la metodología de análisis de Ciclo de Vida. Juventud Rebelde.03 de Junio de 2009 00:40:55 GMT.
- Goedkoop, M. y. E., Suzanne (2002). "Método para evaluar el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida."
- Goest, D. (2006). "Análisis de ciclo de vida." from www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf
www.ecoil.tuc.gr/LCA-2_SP.pdf.
- Guillén, A. K. (2007). Evaluación en el Impacto Ambiental.

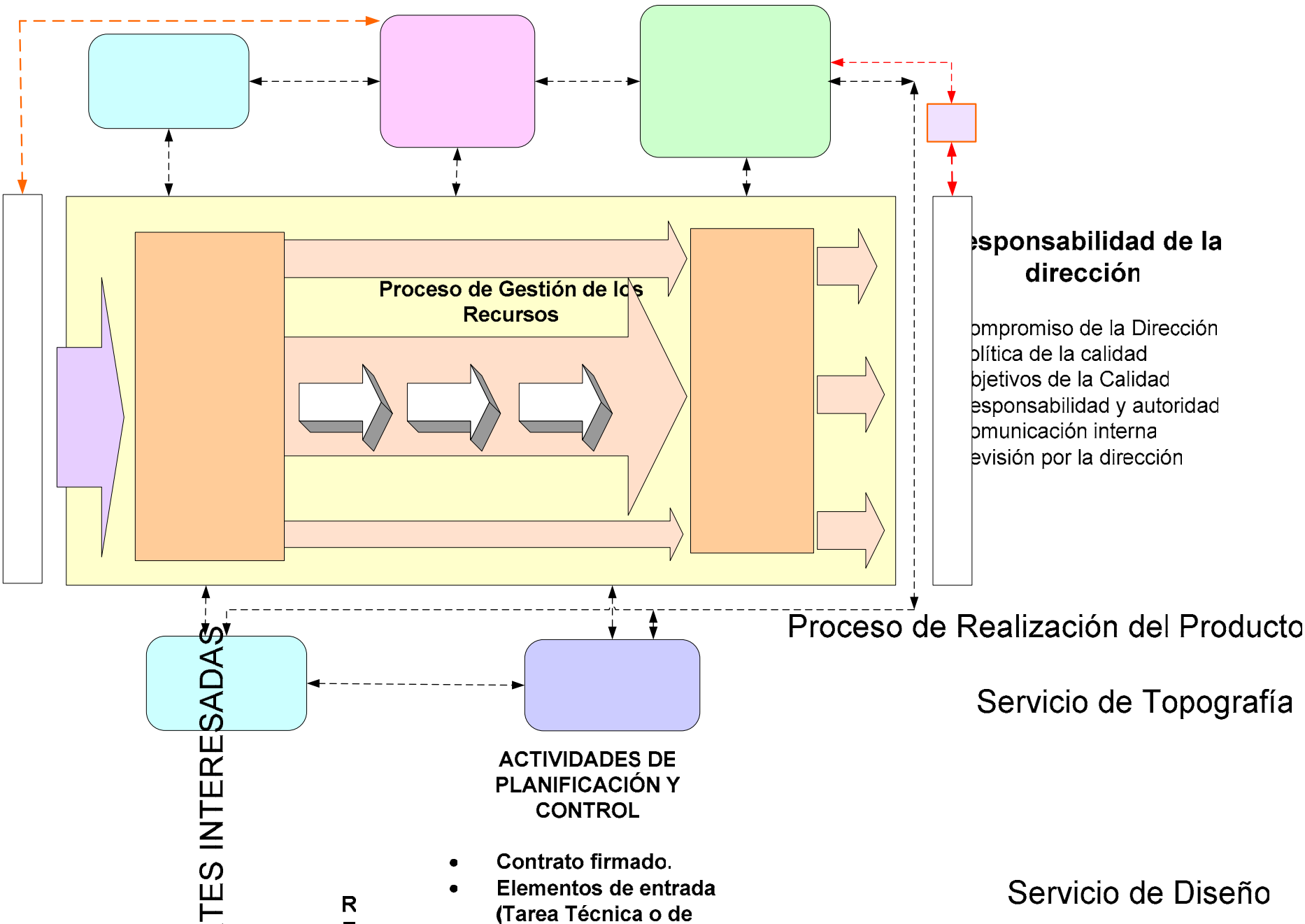
Bibliografía.

- Hernández, L. P. G. (2006). Desarrollo de una metodología para la valoración en el análisis del ciclo de vida aplicada a la gestión integral de residuos municipales.
- Jiménez, G. (2008) "Ecoindicadores en Centro América." from http://www.cegesti.org/internalsites/ecodiseno/ecodindicadores_b.htm.
- Jolliet, O. y. M., Manuele (2009). "IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology." from <http://www.scientificjournals.com/sj/lca/Pdf/ald/6237>.
- Klees, D. R. y. C., Cecilia A. (2003). Ciclo de vida sostenible de los materiales de construcción: 1ra Etapa. Chaco, Argentina, Universidad Nacional del Nordeste de Argentina, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Departamento de Estabilidad - Facultad de Ingeniería - UNNE.
- Llanes, E. A. C. (2005). "Aplicación de metodología Analisis de Ciclo de Vida (ACV) a la empresa arrocera en la provincia de Granma Cuba." from <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EEEykVyAApnPQZibfX.php>
- NC-ISO14040:1999 Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y Estructura. . C. d. L. H. Oficina Nacional de Normalización: 19.
- NC-ISO14041:2000 Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Definición del Objetivo y Alcance y Análisis del Inventario C. d. L. H. Oficina Nacional de Normalización.
- NC-ISO14042:2000 Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida. . C. d. I. H. Oficina Nacional de Normalización.
- NC-ISO14043:2000 Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Interpretación del Ciclo de Vida. C. d. I. H. Oficina Nacional de Normalización.
- NC-ISO14049:2000 Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Ejemplos de Aplicación de la NC-ISO 14041 para la Definición del Objetivo y Alcance y Análisis del Inventario. C. d. I. H. Oficina Nacional de Normalización.
- Obis, J. (2006). Análisis del Ciclo de Vida de los Materiales. 2a Parte. [Electronic Version] from http://www.termoarcilla.com/notBoletin.asp?id_rep=1369
- Oteen, B. (2002). "A systematic approach to environmental priority strategies in product development (EPS). Version 2000 – General system characteristics."
- Páez, J. (2008) "¿Qué es la construcción sostenible?" Directorio de empresas y profesionales de la construcción sostenible. Volume, DOI:
- Presti, S. (julio/agosto 1999.). (C&D)-Reciclaje de materiales y conservación de energías en las construcciones y demoliciones. Beneficios económicos y Ambientales. Revista AIDIS, N°45.

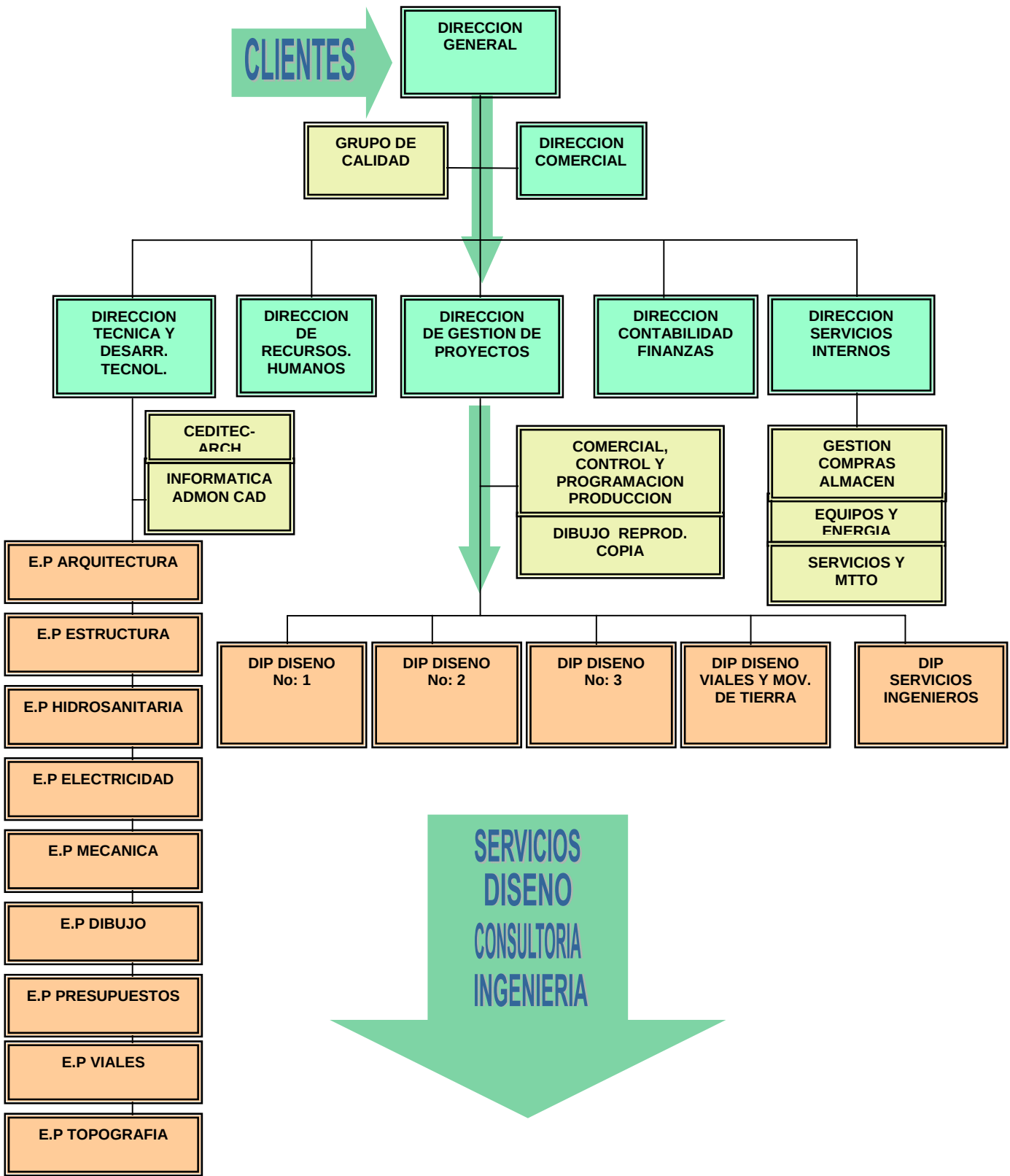
Bibliografía.

- Rieradevall, J. i. P. (2009). "Análisis de ciclo de vida." from
http://portalsostenibilidad.upc.edu/detall_01.php?numapartat=6&id=143.
- Ríos, R. (2008). Análisis de Ciclo de Vida para la evaluación de Impactos Ambientales en la Refinería de Petróleo "Camilo Cienfuegos".
- Romero, B. I. (2004). "El Análisis de Ciclo de Vida y la gestión Ambiental." from
www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf.
- Sánchez, J. P., Agripino; Díaz, Roberto (2006). Análisis del Ciclo de Vida de los Materiales. 2 a Parte, AITEMIN, Departamento de Materiales de Construcción.
- Suppen, N. y. B., (2007). Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño.
- Tortosa, B. I. F. (2007) Análisis de las potencialidades para la implementación de la producción más limpia y la adopción de un consumo sustentable en el sistema empresarial cubano. Revista electrónica de la agencia de medio ambiente. No 12.
- Velasco, A. y. F., A (2005) "Análisis del impacto ambiental de la construcción y mantenimiento de las carreteras en los Estados Unidos de Norteamérica." 1º Foro Académico de la DES de Ingenierías y Arquitectura de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo **Volume**, 8 DOI:

Anexo A: Mapa de procesos de la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos.

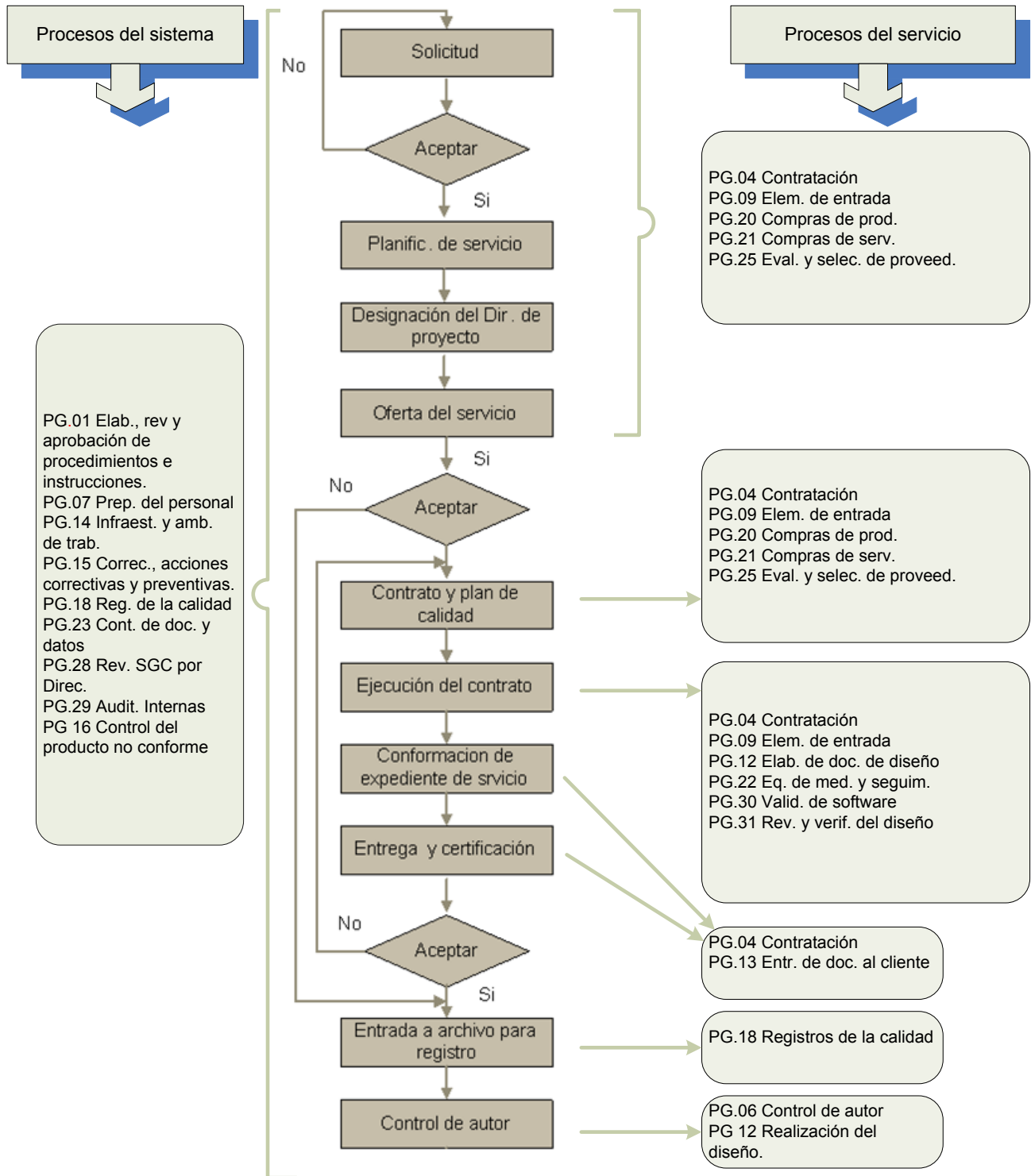


Anexo B: Estructura organizativa de la Empresa de Ingeniería y Diseño de Cienfuegos.



Fuente: (Manual de Calidad de la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos).

Anexo C: Flujograma de Ejecución del Servicio. Interrelaciones de los procesos.



Fuente: (Manual de Calidad de la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos).

Anexo D. Categorías de Impacto, intermedias y finales de Ecoindicador 99.

Categoría de impacto (j)	Categorías intermedias	Categorías finales
Recursos	$Q_{ji} = (P_i / R_i^2) / (P_{ref} / R_{ref}^2)$	$Q_{ji} = (E_i^{5Q} - E_i^{1990})$
Uso de suelo	$Q_{ji} = 1$	$Q_{ji} = 1.2 \Delta PDF_{x \rightarrow i} Time_i^{act}$
Cambio climático	$Q_{ji} = GWP_i = RF_i / RF_{ref}$	$Q_{ji} = \sum_{n=1}^6 [GWP_i^{ref} F_{ref,i} X_{(T)} E^n D]$
Capa de ozono	$Q_{ji} = ODP_i = OC_i / OC_{ref}$	$Q_{ji} = \sum_{n=1}^4 ODP_i^{ref} F_{ref} X_{(UV)} E^n D$
Toxicidad humana	$Q_{ji} = \sum_r (PDI_{i,r} / ADI_{i,r}) / (PDI_{ref,r} / ADI_{ref,r})$	$Q_{ji} = \left(\sum_s N_s \sum_r C_{i,e,r,s} E_{i,r} \right) D$
Smog fotoquímico	$Q_{ji} = POCP_i = OC_i / OC_{ref}$	$Q_{ji} = \frac{POCP_i^{C2H4}}{POCP_{NMVOC}^{C2H4}} F_{NMVOC} X_{(O3)} E^{resp} D$
Ecotoxicidad (j = agua fresca, agua de mar, suelo)	$Q_{ji} = (PEC_{i,j} / PNEC_{i,j}) / (PEC_{ref,j} / PNEC_{ref,j})$	$Q_{ji} = F_{i,e,f} E_{i,f} D_f = C_{i,e,f} \Delta t_{i,e} \frac{1}{NOEC_{i,f}} \frac{\partial PAF_f}{\partial y} \Big _{y=x} Area_f$
Acidificación	$Q_{ji} = HC_i / HC_{ref}$	$Q_{ji} = F_{i,e,f} E_{i,f} D_f = C_{i,e,f} \Delta t_{i,e} \frac{1}{NOEC_{i,f}} \frac{\partial PAF_f}{\partial y} \Big _{y=x} Area_f$
Eutroficación	$Q_{ji} = BC_i / BC_{ref}$	$Q_{ji} = F_{i,e,f} E_{i,f} D_f = C_{i,e,f} \Delta t_{i,e} \frac{1}{NOEC_{i,f}} \frac{\partial PAF_f}{\partial y} \Big _{y=x} Area_f$
Radiación ionizante	$Q_{ji} = D \left[\sum_f F_{i,e,f} X_{i,f} E_i \right]$	$Q_{ji} = D \left[\sum_f F_{i,e,f} X_{i,f} E_i \right]$

Fuente: (Domínguez y González, 2008).

Anexo E: Listado de materiales usados en el proyecto objeto de estudio.

LISTADO DE MATERIALES	CANT	U/M
Alambre liso de acero galvanizado 3.5 mm calibre 10	37,448	kg
Alambre liso de acero galvan. Mptu-2596-50 1.2 mm # 18	136,460	kg
Clavos cortados de acero de 4"	0,520	kg
Puntillas de hierro con cabeza de 2 1/2" cal 10	0,900	kg
Puntillas de hierro con cabeza de 2 1/2" cal 12	365,487	kg
Arandelas planas de hierro de 1/4"	1,416	kg
Arandelas planas de hierro de 1/2"	0,438	kg
Electrodos para soldar acero dulce e-7018 de 4 mm	1,480	kg
Electrodos para soldar acero dulce e-6011 de 3 mm	33,514	kg
Electrodos para soldar acero dulce e-6011 de 4 mm	1,901	kg
Masilla de cal en pasta en barril de 105.81 kg	355,963	kg
Aparejo asfáltico	36,858	kg
Alambre aogo 1.6 mm cal 16	4,000	kg
Electrodos para soldar acero dulce e-6011 de 3 mm	16,018	kg
Polvo de mármol impalpable de 1.5 a 0.074 mm	0,065	m ³
Oxígeno industrial pureza 98%	0,120	m ³
Acetileno industrial pureza 98%	0,036	m ³
Agua potable	0,841	m ³
Recebo o polvo de piedra caliza arcillosa	8,402	m ³
Rajón voladura	2,493	m ³
Piedra de horm. De 19-38 mm grado a de 800kg/cm2 o mas	1,047	m ³
Gravilla de 10-19 mm grado a de 800 kg/cm2 o mas	1,400	m ³
Rocoso material de relleno	170,170	m ³
Arena de minas beneficiada y cernida grado a	43,844	m ³
Arena artificial grado a de 800 kg/cm2 o mas	2,656	m ³
Mortero hidrato de cal, arena calcarea 1:2, 10% de cemento manual	0,090	m ³
Gravilla de 5 a 19 mm grado c de 400 a 599 kg/cm2	7,070	m ³
Arena de minas beneficiada y cernida grado a	5,700	m ³
Hormigon 100% gravilla 250 kg/cm2	28,480	m ³
Hormigon 100% piedra 100 kg/cm2	0,040	m ³
Hormigon 100% piedra 150 kg/cm2	117,290	m ³
Hormigon 100% piedra 175 kg/cm2	4,400	m ³
Hormigon 100% piedra 200 kg/cm2	19,230	m ³
Hormigon 100% piedra 250 kg/cm2	225,450	m ³
Rodapie bald terr 300x73x25 mm c\term 5 t cem.gr-c\pig	2,926	m ²
Baldosas de terrazzo 300x300x30mm cem.blanco c\pigmento	27,510	m ²
Marco de madera (cedrin, pino, alerce) puerta embisagr.	0,520	m ²
Baldosas de terrazzo 300x300x30mm cem.blanco c\pigmento	11,620	m ²
Puerta española	2,940	m ²
Ventana proyectante 1h cristal labrado tapiz	16,800	m ²
Puerta practicable 1h aluminio color blanco ext.	7,560	m ²
Cemento para plastico plinice en lata 1 gl	1,3627e-05	m ³
Cemento para plastico plinice en lata 1 gl	0,00378541	m ³
Barra de acero corrugado 3/8" gdo a-30 de 10 mm	1541,55815	kg

Barra de acero corrugada 1/2" grado a-30 de 12 mm	6165,57266	kg
Barra de acero corrugada 5/8" grado a-30 de 16 mm	6237,67269	kg
Barra de acero corrugada 5/8" grado a-30 de 16 mm	49,4399414	kg
Barra de acero corrugada 3/4" gdo a-30 de 20 mm	11,3299867	kg
Barra redonda acero lisa gdo st3-kp de 1/4" importacion	65,9199212	kg
Complejidad I c\perfiles rango iv hasta 100 kg/m2(acero)	1809,99779	kg
Complejidad II otras partes no integ. Estruct. Basita (acero)	4999,99405	kg
Cemento gris PP-250 a granel	401,759534	kg
Cemento gris P-350 a granel	999,998811	kg
Complejidad II otras partes no integ. Estruct. Básica (acero)	267,999688	kg
Hidrato de cal en bolsa de 18.5 kg	3999,99524	kg
Chapa galv.	35,9999556	kg
Planchuela	469,999438	kg
Vigas U e I	1192,99856	kg
Electrodos	53,9999349	kg
Barras corrugadas	86,999894	kg
Barras corrugadas	15,9999808	kg
Impremul	31,9999616	kg
Asfaltile	64,9999212	kg
Pintura anticorros. Línea 3-r3 oxido rojo envase 19 lt	0,035732	m ³
Pintura aceite p/ext. Linea 10 gris acorazado env 19 lt	0,002351	m ³
Pintura aceite p/ext. Linea 10-n-1 negro envase 19 lt	0,058049	m ³
Pintura aceite aparejo línea 10-ap1 blanco envase 19 lt	0,000876	m ³
Pintura emuls. Vinilex p/ext línea 50 bambu env 19 lt	0,231837	m ³
Pintura vinil p/interior línea 65 blanco env 19 lt	0,066036	m ³
Pintura vinil p/interior linea 65 beige sahara env 19 l	0,038138	m ³
Pintura esmalte fast dry amarilla e-3.785 lt	0,001578	m ³
Impermeabilizante sika kote transparente envase 19 lt	0,013694	m ³
Cemento gris pp-250 en bolsa de 50 kg	21187,75	kg
Cemento gris pp-250 en bolsa de 50 kg	500	kg
Cemento blanco en bolsas de 50 kg	88,3	kg
Cemento blanco en bolsas de 50 kg	200	kg
Pintura anticorros. Linea 3-r3 oxido rojo envase 19 lt	0,035732	m ³
Pintura aceite p/ext. Linea 10 gris acorazado env 19 lt	0,002351	m ³
Pintura aceite p/ext. Linea 10-n-1 negro envase 19 lt	0,058049	m ³
Pintura aceite aparejo linea 10-ap1 blanco envase 19 lt	0,000876	m ³
Pintura emuls. Vinilex p/ext linea 50 bambu env 19 lt	0,231837	m ³
Pintura vinil p/interior linea 65 blanco env 19 lt	0,066036	m ³
Pintura vinil p/interior linea 65 beige sahara env 19 l	0,038138	m ³
Pintura esmalte FAST DRY amarilla e-3.785 lt	0,001578	m ³
Impermeabilizante SIKA KOTE transparente envase 19 lt	0,013694	m ³

Fuente: (Requerimientos Técnicos y de Calidad del Proyecto Grupo Electrónico de Cruces).

Anexo F:

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Carcinogens	DALY	7,30E-09	0,00178229	0,000174878	0,012843309	0,001292184
Respiratory organics	DALY	1,12E-10	3,73E-05	1,77E-06	0,003494599	3,70E-05
Respiratory inorganics	DALY	5,94E-08	0,0325972	0,000966608	0,25847413	0,058398595
Climate change	DALY	2,15E-08	0,00550822	0,000321264	0,067300483	0,023798696
Radiation	DALY	1,49E-09	2,11E-05	1,66E-05	0,000524635	0,000211628
Ozone layer	DALY	9,17E-12	1,93E-07	4,59E-07	0,001574619	3,67E-06
Ecotoxicity	PAF*m2yr	0,01848262	9545,1695	1360,2963	118040,18	4461,3189
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	0,00156799	1041,3508	27,814739	8563,1832	1325,0881
Land use	PDF*m2yr	0,00066666	1776,476	26,619147	3560,5993	559,06596
Minerals	MJ surplus	0,0018923	67377,702	150,2072	1027,097	892,30082
Fossil fuels	MJ surplus	0,08646049	35988,908	2249,0747	1247297,8	41229,552

Tabla 3.1: Valores de la caracterización (Ecoindicador 99).

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Carcinogens	DALY	7,30E-09	0,00178229	0,000174878	0,012843309	0,001292184
Respiratory organics	DALY	1,12E-10	3,73E-05	1,77E-06	0,003494599	3,70E-05
Respiratory inorganics	DALY	5,94E-08	0,0325972	0,000966608	0,25847413	0,058398595
Climate change	DALY	2,15E-08	0,00550822	0,000321264	0,067300483	0,023798696
Radiation	DALY	1,49E-09	2,11E-05	1,66E-05	0,000524635	0,000211628
Ozone layer	DALY	9,17E-12	1,93E-07	4,59E-07	0,001574619	3,67E-06
Ecotoxicity	PDF*m2yr	0,00184826	954,51695	136,02963	11804,018	446,13189
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	0,00156799	1041,3508	27,814739	8563,1832	1325,0881
Land use	PDF*m2yr	0,00066666	1776,476	26,619147	3560,5993	559,06596
Minerals	MJ surplus	0,0018923	67377,702	150,2072	1027,097	892,30082
Fossil fuels	MJ surplus	0,08646049	35988,908	2249,0747	1247297,8	41229,552

Tabla 3.2 Evaluación de daños (Ecoindicador 99).

Anexo G.

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Carcinogens		4,72E-07	0,11531406	0,011314589	0,83096208	0,083604308
Respiratory organics		7,28E-09	0,00241214	0,000114788	0,22610056	0,002395868
Respiratory inorganics		3,84E-06	2,1090387	0,06253952	16,723276	3,7783891
Climate change		1,39E-06	0,35638189	0,020785767	4,3543412	1,5397756
Radiation		9,65E-08	0,00136686	0,001073654	0,033943909	0,013692355
Ozone layer		5,93E-10	1,25E-05	2,97E-05	0,10187781	0,000237194
Ecotoxicity		3,60E-07	0,18613081	0,026525778	2,3017835	0,086995718
Acidification/ Eutrophication		3,06E-07	0,20306341	0,005423874	1,6698207	0,25839219
Land use		1,30E-07	0,34641282	0,005190734	0,69431686	0,10901786
Minerals		3,18E-07	11,319454	0,02523481	0,1725523	0,14990654
Fossil fuels		1,45E-05	6,0461366	0,37784456	209,54603	6,9265648

Tabla 3.3 Valores para la normalización (ecoindicador 99).

Categoría de impacto	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Carcinogens	DALY	0,012843309	0,006802559	7,61E-05	0,005964676
Respiratory organics	DALY	0,003494599	0,002950647	4,15E-05	0,000502404
Respiratory inorganics	DALY	0,25847413	0,12792769	0,001505893	0,12904055
Climate change	DALY	0,067300483	0,032965995	0,000366332	0,033968156
Radiation	DALY	0,000524635	0,000524635	0	0
Ozone layer	DALY	0,001574619	0,001427059	1,51E-08	0,000147544
Ecotoxicity	PAF*m2yr	118040,18	43020,38	95,892271	74923,908
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	8563,1832	4791,3018	48,516767	3723,3647
Land use	PDF*m2yr	3560,5993	3560,5993	0	0
Minerals	MJ surplus	1027,097	1027,097	0	0
Fossil fuels	MJ surplus	1247297,8	1046633,2	18607,854	182056,77

Tabla 3.6 Valores de caracterización para los distintos tipos de portadores energéticos (Ecoindicador 99).

Categoría de impacto	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Carcinogens	DALY	0,012843309	0,006802559	7,61E-05	0,005964676
Respiratory organics	DALY	0,003494599	0,002950647	4,15E-05	0,000502404
Respiratory inorganics	DALY	0,25847413	0,12792769	0,001505893	0,12904055
Climate change	DALY	0,067300483	0,032965995	0,000366332	0,033968156
Radiation	DALY	0,000524635	0,000524635	0	0
Ozone layer	DALY	0,001574619	0,001427059	1,51E-08	0,000147544
Ecotoxicity	PDF*m2yr	11804,018	4302,038	9,5892271	7492,3908
Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	8563,1832	4791,3018	48,516767	3723,3647
Land use	PDF*m2yr	3560,5993	3560,5993	0	0
Minerals	MJ surplus	1027,097	1027,097	0	0
Fossil fuels	MJ surplus	1247297,8	1046633,2	18607,854	182056,77

Tabla 3.7: Evaluación de las categorías de daño para los portadores energéticos (Ecoindicador 99).

Categoría de impacto	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Carcinogens		0,83096208	0,44012554	0,004922012	0,38591453
Respiratory organics		0,22610056	0,19090688	0,002688129	0,032505552
Respiratory inorganics		16,723276	8,2769215	0,097431294	8,3489237
Climate change		4,3543412	2,1328999	0,023701676	2,1977397
Radiation		0,033943909	0,033943909	0	0
Ozone layer		0,10187781	0,092330738	9,78E-07	0,009546098
Ecotoxicity		2,3017835	0,83889741	0,001869899	1,4610162
Acidification/ Eutrophication		1,6698207	0,93430385	0,00946077	0,72605611
Land use		0,69431686	0,69431686	0	0
Minerals		0,1725523	0,1725523	0	0
Fossil fuels		209,54603	175,83437	3,1261195	30,585537

Tabla 3.8: Valores de Normalización para los distintos portadores energéticos (Ecoindicador 99).

Anexo H.

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Global warming (GWP 100)	g CO2	104,37677	26690058	1549441,8	3,39E+08	1,14E+08
Ozone depletion	g CFC11	8,73E-06	0,18348208	0,43662606	1497,4382	3,4909339
Acidification	g SO2	0,5657364	273704,46	8637,3298	3154528,6	226349,28
Eutrophication	g NO3	0,29563067	206995,87	6372,786	1755804,7	301281,28
Photochemical smog	g ethene	0,08856056	23551,495	840,09408	1125039,7	14309,583
Ecotoxicity water chronic	m3	41,306755	3119873,1	1522525,2	8,98E+08	21874311
Ecotoxicity water acute	m3	4,2047754	155532,5	152490,53	89632437	2254001,3
Ecotoxicity soil chronic	m3	1,6497494	41470,793	23752,274	1454590,9	346364,68
Human toxicity air	m3	13811,735	2,63E+10	3,67E+09	8,39E+10	5,86E+09
Human toxicity water	m3	0,79072873	706245,79	24013,124	1366983,9	584993,75
Human toxicity soil	m3	0,01212119	1436,3719	557,74965	107318,01	3206,0915
Bulk waste	kg	0,00333084	275,03557	222,66285	84,762819	9363,0987
Hazardous waste	kg	2,21E-06	23,531819	0,12004686	0	0,39175648
Radioactive waste	kg	1,03E-05	0,14577884	0,07117746	0	1,3658611
Slags/ashes	kg	6,92E-06	1,2144401	0,27073259	0	24,38089
Resources (all)	kg	7,39E-06	105,63546	1,0224094	23,052264	3,8154052

Tabla 3.12: Valores de la caracterización para el método EDIP.

Categoría de impacto	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Global warming (GWP 100)	1,20E-05	3,0693567	0,17818581	38,999351	13,089007
Ozone depletion	4,32E-08	0,00090824	0,0021613	7,4123193	0,017280123
Acidification	4,56E-06	2,206058	0,06961688	25,425501	1,8243752
Eutrophication	9,93E-07	0,69550612	0,02141256	5,8995037	1,0123051
Photochemical smog	4,43E-06	1,1775748	0,0420047	56,251983	0,71547913
Ecotoxicity water chronic	8,80E-05	6,6453297	3,2429787	1912,4239	46,592283
Ecotoxicity water acute	8,75E-05	3,2350761	3,171803	1864,3547	46,883227
Ecotoxicity soil chronic	5,49E-05	1,3809774	0,79095073	48,437876	11,533944
Human toxicity air	1,51E-06	2,8664142	0,39983885	9,1397499	0,6387949
Human toxicity water	1,34E-05	11,935554	0,40582179	23,102027	9,8863945
Human toxicity soil	3,92E-05	4,6394813	1,8015314	346,63717	10,355676
Bulk waste	2,47E-06	0,20380136	0,16499317	0,06280925	6,9380561
Hazardous waste	1,07E-07	1,1365869	0,00579826	0	0,018921838
Radioactive waste	0,000294258	4,169275	2,0356753	0	39,063627
Slags/ashes	1,98E-08	0,0034733	0,0007743	0	0,069729344

Tabla 3.13: Valores de Normalización para el método EDIP.

Anexo I

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Carcinogens	kg C2H3Cl	0,001280613	3972,0395	16,442134	5861,1736	306,72732
Non-Carcinogens	kg C2H3Cl	0,000692429	19377,006	54,784301	3941,08	1105,0605
Respiratory inorganics	kg PM2.5	8,07E-05	35,128113	1,2749788	369,08138	41,640533
Ionizing radiation	Bq C-14	7,4528213	105595,2	81454,081	2498271,9	1046263,6
Ozone layer depletion	kg CFC-11	9,02E-09	0,00018746	0,00041108	1,4997898	0,003516465
Respiratory organics	kg ethylene	5,20E-05	1,5246626	0,81580322	1640,6264	16,46266
Aquatic ecotoxicity	kg TEG water	44,976323	3947240,9	486008,09	1,10E+08	5779660,1
Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil	0,86626934	548419,25	31602,758	15960585	502561,65
Terrestrial acid/nutri	kg SO2	0,001505972	1000,3325	26,714707	8225,9205	1272,8485
Land occupation	m2org.arable	0,000340172	1442,0245	17,693877	3266,6049	606,74158
Aquatic acidification	kg SO2	0,000565783	273,70529	8,6459446	3209,9466	226,36666
Aquatic eutrophication	kg PO4 P-lim	1,86E-06	0,098491	0,29438343	4,7909201	1,1371488
Global warming	kg CO2	0,099764571	26157,519	1487,6314	304360,29	110565,32
Non-renewable energy	MJ primary	2,2712385	510536,55	37204,981	15934593	632487,38
Mineral extraction	MJ surplus	0,000821741	67297,543	119,47244	1027,097	406,21298

Tabla 3.14: Valores de caracterización según las distintas categorías de impacto (IMPACT 2002).

Categoría de impacto	Unidad	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Carcinogens	DALY	3,59E-09	0,01112171	4,60E-05	0,016411286	0,000858837
Non-Carcinogens	DALY	1,94E-09	0,05425562	0,0001534	0,011035024	0,003094169
Respiratory inorganics	DALY	5,65E-08	0,02458968	0,00089249	0,25835697	0,029148373
Ionizing radiation	DALY	1,57E-09	2,22E-05	1,71E-05	0,000524637	0,000219715
Ozone layer depletion	DALY	9,47E-12	1,97E-07	4,32E-07	0,001574779	3,69E-06
Respiratory organics	DALY	1,11E-10	3,25E-06	1,74E-06	0,003494534	3,51E-05
Aquatic ecotoxicity	PDF*m2*yr	0,002257811	198,15149	24,397606	5515,2873	290,13894
Terrestrial ecotoxicity	PDF*m2*yr	0,006852191	4337,9963	249,97782	126248,23	3975,2626
Terrestrial acid/nutri	PDF*m2*yr	0,001566211	1040,3458	27,783295	8554,9573	1323,7625
Land occupation	PDF*m2*yr	0,000370787	1571,8067	19,286326	3560,5993	661,34833
Global warming	kg CO2	0,099764571	26157,519	1487,6314	304360,29	110565,32
Non-renewable energy	MJ primary	2,2712385	510536,55	37204,981	15934593	632487,38
Mineral extraction	MJ primary	0,000821741	67297,543	119,47244	1027,097	406,21298

Tabla 3.15: Evaluación de daños (IMPACT 2002).

Categoría de impacto	Gases	Metales	Pinturas	Portadores energéticos	Sólidos no metálicos
Carcinogens	5,06E-07	1,5681612	0,00649135	2,3139913	0,12109595
Non-Carcinogens	2,73E-07	7,650042	0,02162884	1,5559384	0,43627788
Respiratory inorganics	7,97E-06	3,4671448	0,12584041	36,428332	4,1099206
Ionizing radiation	2,21E-07	0,003126674	0,00241186	0,07397383	0,030979866
Ozone layer depletion	1,34E-09	2,78E-05	6,09E-05	0,22204388	0,000520613
Respiratory organics	1,56E-08	0,000457902	0,00024501	0,49272933	0,004944231
Aquatic ecotoxicity	1,65E-07	0,014465059	0,00178103	0,40261597	0,021180142
Terrestrial ecotoxicity	5,00E-07	0,31667373	0,01824838	9,2161205	0,29019417
Terrestrial acid/nutri	1,14E-07	0,07594524	0,00202818	0,62451188	0,096634661
Land occupation	2,71E-08	0,11474189	0,0014079	0,25992375	0,048278428
Global warming	1,01E-05	2,6419094	0,15025077	30,740389	11,167097
Non-renewable energy	1,49E-05	3,3593305	0,24480877	104,84962	4,161767
Mineral extraction	5,41E-09	0,44281783	0,00078613	0,0067583	0,002672881

Tabla 3.16: Valores de Normalización (IMPACT 2002).

Anexo J.

Categoría de impacto	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Carcinogens	kg C2H3Cl	5861,1736	1582,2703	0,10113977	4278,8021
Non-Carcinogens	kg C2H3Cl	3941,08	3568,5279	1,4358545	371,11623
Respiratory inorganics	kg PM2.5	369,08138	182,75384	1,9838936	184,34364
Ionizing radiation	Bq C-14	2498271,9	2498271,9	0	0
Ozone layer depletion	kg CFC-11	1,4997898	1,3592629	8,76E-06	0,14051811
Respiratory organics	kg ethylene kg TEG	1640,6264	1385,252	19,505834	235,8686
Aquatic ecotoxicity	water	1,10E+08	1,06E+08	3676,5709	3827774,7
Terrestrial ecotoxicity	kg TEG soil	15960585	15414476	793,03269	545315,55
Terrestrial acid/nutri	kg SO2	8225,9205	4602,5954	46,605924	3576,7192
Land occupation	m2org.arable	3266,6049	3266,6049	0	0
Aquatic acidification	kg SO2	3209,9466	1285,4256	20,378538	1904,1425
Aquatic eutrophication	kg PO4 P-lim	4,7909201	4,6687345	0,014462187	0,10772342
Global warming	kg CO2	304360,29	143806,03	1704,2901	158849,97
Non-renewable energy	MJ primary	15934593	13506113	223918,54	2204561,9
Mineral extraction	MJ surplus	1027,097	1027,097	0	0

Tabla 3.19: Valores de caracterización para los portadores energéticos (IMPACT 2002).

Categoría de impacto	Unidad	Total	Diesel (kg)	Gasoline FAL	Electricity from oil B250
Carcinogens	DALY	0,016411286	0,00443036	2,83E-07	0,011980646
Non-Carcinogens	DALY	0,011035024	0,00999188	4,02E-06	0,001039126
Respiratory inorganics	DALY	0,25835697	0,12792769	0,001388726	0,12904055
Ionizing radiation	DALY	0,000524637	0,00052464	0	0
Ozone layer depletion	DALY	0,001574779	0,00142723	9,20E-09	0,000147544
Respiratory organics	DALY	0,003494534	0,00295059	4,15E-05	0,0005024
Aquatic ecotoxicity	PDF*m2*yr	5515,2873	5322,9485	0,18456386	192,15429
Terrestrial ecotoxicity	PDF*m2*yr	126248,23	121928,51	6,2728886	4313,446
Terrestrial acid/nutri	PDF*m2*yr	8554,9573	4786,6992	48,470161	3719,788
Land occupation	PDF*m2*yr	3560,5993	3560,5993	0	0
Aquatic acidification	-	-	-	-	-
Aquatic eutrophication	-	-	-	-	-
Global warming	kg CO2	304360,29	143806,03	1704,2901	158849,97
Non-renewable energy	MJ primary	15934593	13506113	223918,54	2204561,9
Mineral extraction	MJ primary	1027,097	1027,097	0	0

Tabla 3.20: Evaluación del daño por categorías de impacto.

Anexo K.

Principales causas de impacto ambiental	(Medidas) Qué	(Responsable) Quién	(Forma de proceder) Cómo	(Plazo de ejecución) Cuándo	(Efectos) Por qué	Área a ejecutar la medida) Dónde
Portadores Energéticos	Mantener en óptimas condiciones los vehículos	Energético	Cumplir con la revisión programada para el estado técnico del parque automotriz.	Permanente	Gastar solamente el combustible requerido, permitiendo el uso racional de los combustibles fósiles.	Dirección de servicios internos.
	Conocer los índices de consumo por vehículo según el parque automotriz.	Energético	Realizar plan control de los índices de consumo reales por equipo, determinando su estado técnico.	Permanente	Consumir eficiente y racionalmente el combustible evitando agotar los combustibles fósiles.	Dirección de servicios internos.
	Racionalizar el uso de gasolina y diesel	Director de Dpto. de Servicios internos	Elaborar Plan de viajes que satisfagan las necesidades de los directores de proyecto optimizando el uso de los equipos.	Permanente	Gastar solamente el combustible requerido, permitiendo el uso racional de los combustibles fósiles.	Dirección de servicios internos.
	Uso eficiente de la energía eléctrica.	Energético	-Hacer levantamiento de equipos de la construcción de alto consumo para sustituirlos -Cambiar los equipos de alto	- Inmediato - Septiembre de 2009.	Consumir menos energía eléctrica, de manera que no se generen impactos que impliquen el uso racional de los combustibles	Dirección de servicios internos.

			consumo (aires acondicionados). -Cumplir con las medidas de hermeticidad de los locales.	- Permanente	fósiles.	
Materiales metales y sólidos no metálicos	Capacitar al equipo técnico organizativo de proyecto en cuestiones ambientales.	Especialista en Medio Ambiente	Coordinar con el CITMA cursos relacionados con el tema.	Septiembre de 2009.	Correcta selección de materiales ecológicos de la construcción.	Áreas de Diseño (I, II y III).
	Encontrar proveedores que ofrezcan productos ecológicos de la construcción.	Especialista comercial y de marketing.	Hacer un análisis de proveedores nacionales y extranjeros que ofrezcan productos ecológicos.	Inmediato	Contar con ofertas que ofrezcan materiales con los requerimientos medioambientales que necesita el proyecto.	Empresa de Servicios ingenieros (ESI).
	Hacer un análisis Costo-Beneficio de los materiales ecológicos que pudieran ser usados en la construcción.	Especialistas en medio ambiente y proyectista.	Trazar un plan de trabajo en conjunto.	Septiembre de 2009	Contar con criterio objetivo para decidir sobre el uso de los materiales ecológicos.	Empresa de Servicios Ingenieros (ESI).