

República de Cuba

Universidad de Cienfuegos
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales



**Título: "Evaluación de impacto ambiental del
proyecto de vivienda Biplanta Tradicional en la
empresa IDEAR"**

**Trabajo de Diploma
Ingeniería Industrial**

Autor: Frank Rodríguez Grave de Peralta

**Tutores: MsC. Mailiu Díaz Peña
MsC. Berlan Rodríguez Pérez**

Cienfuegos, 2011



Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos: “Carlos Rafael Rodríguez” 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 en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad.

Frank Rodríguez Grave de Peralta
Autor del trabajo

Los abajo firmantes, certifican que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico y Técnica.
Nombres, Apellidos y Firma.

Computación
Nombre, Apellidos y Firma.

Tutor: MsC. Mailiu Díaz Peña

Tutor: MsC. Berlan Rodríguez Pérez

Pensamiento



“La Tierra puede proveer lo necesario para satisfacer las necesidades de todos, no su avaricia.”

Mahatma Gandhi

Agradecimientos



En la realización de tan rigurosa y extendida investigación como es el caso del trabajo de diploma no se puede dejar de reconocer a todas esas personas que de una forma u otra hacen que uno del extra a cada segundo, pues con su apoyo y ayuda encontramos el motivo por el cual conducimos por el camino correcto.

A mis padres por confiar en mí y apoyarme en todo momento, a ustedes les debo todo lo que soy.

A mi novia por comprenderme y hacer que todo se hiciera más fácil; con tu cariño, dedicación y amor todo es posible.

A mis tutores por enseñarme y prestarme su tiempo, por su paciencia y constancia, por brindarme sus experiencias profesionales, esto es resultado de ustedes.

A mi familia por su preocupación y proporcionarme esa energía positiva a cada instante para seguir adelante.

A Nicolás por hacer míos sus conocimientos.

A Yero por colaborar y facilitarme sus nociones al respecto.

A IDEAR por la atención y profesionalidad que me brindaron, por hacerme uno más de ustedes.

A UNAI por el interés de apoyarme en lo necesario.

A la familia de mi novia gracias por contagiarme su optimismo.

A Orlando, Reinier, Rolando por estar ahí en el momento que los necesité.

A mis compañeros de aula por estar juntos durante toda nuestra formación, por apoyarnos los unos a los otros, por pasar los momentos agradables y los no tan agradables, por sentirnos como una familia, a todos gracias, aquí estaré cuando lo necesiten.

A todos los que por consideración a la memoria no haya mencionado; gracias y mil veces gracias, pues de lo logrado, ustedes también son protagonistas y como diría Buena Fe "...todo el mundo cuenta..."

Dedicatoria



A la memoria de mi abuelo materno, a quien siempre llevo conmigo.

Resumen



Resumen

La presente investigación se propone evaluar el impacto ambiental del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional en la empresa IDEAR con el uso de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, para cuantificar el impacto ambiental con un enfoque holístico. Se toma como referencia la serie de normas NC ISO 14040, complementándose con los métodos de evaluación de impacto ambiental de punto final: Eco-indicador, Impact 2002+ y Eco-Speed.

A partir del desarrollo de las fases del procedimiento aplicado y con el uso de técnicas propias de Ingeniería Industrial; se logra identificar que las materias primas que presentan una mayor contribución de emisiones al medio ambiente son el uso de puertas y ventanas de aluminio, baldosas de terrazo, cemento gris pp-250 y gravilla, las cuáles representan el 80% de la contaminación de este proyecto de fabricación, siendo las categorías uso de agua, calentamiento global, agente no-carcinogénico al aire y uso de energía las más afectadas.

Se proponen como variantes de mejora ambiental el uso de puertas de cristal con el marco de aluminio, ventanas de aluminio con persianas de cristal, mosaicos, viguetas y bovedillas de poliestireno en la cubierta del biplanta, salpicado rústico en los exteriores, y ladrillos de barro macizo, con las que se disminuye el impacto ambiental en un 33,80%, se reduce la huella hídrica en un 53,36% y la huella de carbono en un 20,17%, y se ahorran \$ 3631,98, demostrándose así la factibilidad económica y ambiental de las mismas.

Abstract

This research aims is to evaluate the environmental impact of traditional housing project in the enterprise IDEAR using the methodology of Life Cycle Assessment to quantify the environmental impact with a holistic approach. It draws on a series of standards ISO 14040 NC, complemented with methods of environmental impact assessment endpoint: Eco-indicator, Impact 2002 + and Eco-Speed.

Following the development phase of the approach used and the use of techniques of Industrial Engineering, is able to identify the raw materials having a higher contribution of emissions to the environment are the use of aluminum windows and doors, tiles terrazzo, gray cement pp-250 and gravel, which represent 80% of the pollution of this manufacturing project, with the categories of water use, global warming, non-carcinogenic agent in the air and energy use the most affected.

Variants are proposed for environmental improvement as the use of glass doors with aluminum frame, aluminum windows with shutters made of glass, tiles, beams and slabs of polystyrene cover, dotted rustic exteriors, and mud brick solid with which decreases the environmental impact in a 33,80%, reducing the water footprint in a 53,36% and the carbon footprint in a 20,17% and saved \$3631,98, thus demonstrating economic and environmental feasibility of the same.

Índice



Resumen	
Introducción.....	16
Capítulo 1 – “Marco teórico”	21
1.1– Sistema de Gestión Medioambiental.....	21
1.1.1 – Antecedentes	21
1.1.2 – Conceptos y/o Definiciones de Gestión Medioambiental	23
1.1.3 – Importancia, ventajas y desventajas del SGMA	24
1.1.4 – Procedimiento del Sistema de Gestión Ambiental	26
1.1.5 – Herramientas de Sistemas de Gestión Ambiental	28
1.2 – Análisis de Ciclo de Vida	29
1.2.1 – Antecedentes	29
1.2.2 – Conceptos y Normas del ACV.....	29
1.2.3 – Fases del análisis de ciclo de vida	31
1.2.4 – Ventajas y Desventajas del ACV.....	32
1.2.5 – Métodos de evaluación de Impacto Ambiental	33
1.2.6 – Soporte Informático.....	34
1.2.7 – Aplicaciones del ACV.....	36
1.3 – Análisis de Ciclo de Vida en el sector de la construcción	40
Conclusiones Parciales	43
Capítulo 2 – “Parte Experimental”	45
2.1 – Descripción del objeto de estudio	45
2.1.1 – Caracterización de la empresa IDEAR en Cienfuegos	47
2.2 – Justificación del estudio	50
2.3 – Procedimiento de Análisis de Ciclo de Vida	51
2.3.1 – Etapa 1: Definición de los objetivos y alcance	51
2.3.2 – Etapa 2: Análisis de Inventario	54
2.3.3 – Etapa 3: Evaluación del impacto	56
2.3.3.1 – Métodos para evaluar el impacto ambiental	58
2.3.4 – Etapa 4: Análisis de mejoras.....	62
Conclusiones Parciales	63
Capítulo 3 – “Análisis de los resultados”	65
3.1 – Etapa 1: Definición de objetivos y alcance	65
3.1.1 – Objetivo del estudio.....	65
3.1.2 – Alcance del estudio	65
3.2 – Etapa 2: Análisis del inventario	66

3.3 – Etapa 3: Evaluación del impacto	70
3.4 – Etapa 4: Análisis de mejoras.....	73
Conclusiones Parciales	79
Conclusiones Generales.....	81
Recomendaciones.....	83
Bibliografía	85
Anexos	

Introducción



Introducción

La intervención del hombre en la naturaleza comenzó hace miles de años y el proceso de daño a causa de la actividad humana fue escaso y lento al inicio, sin embargo, hoy día el uso de sustancias químicas utilizadas en la agricultura y en la industria, el uso irracional de los recursos y la contaminación, entre otros factores destruyen en minutos lo que la naturaleza construyó en siglos o milenios. A consecuencia del desequilibrio ecológico, el estudio del ambiente ha venido a ocupar un lugar necesario e importante en los foros nacionales e internacionales, en los que se analiza y plantea orientaciones políticas, económicas y comerciales para lograr un desarrollo sustentable, que haga posible el crecimiento económico, sin poner en riesgo los recursos naturales que se han heredado de nuestros antepasados y preservarlos para las generaciones futuras (Pérez *et al.*, 2010).

En el año 2002, los líderes de varios gobiernos del mundo y representantes de la industria y la sociedad civil se reunieron en el encuentro mundial para el Desarrollo Sustentable en Johannesburgo. En esta reunión los participantes analizaron las fallas y los éxitos de los últimos treinta años, anticipando los compromisos y los obstáculos que tendrá la humanidad en relación a los desafíos del Desarrollo Sustentable. Uno de los resultados de esta reunión, es un Plan de Implementación para cambiar los patrones no sustentables de consumo y producción. Entre los elementos del plan hay un llamado para: *“mejorar los productos y servicios a la vez que se reducen los impactos en salud y medio ambiente, usando donde sea apropiado, modelos científicos como el análisis de ciclo de vida (ACV)”* (Suppen, 2007).

En Cuba desde 1998 el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente ha venido realizando esfuerzos para promover, introducir e implementar estrategias de producción acordes con las normas internacionales en los sectores prioritarios de la economía, enfocando sus productos a la eco-eficiencia y el desarrollo sostenible (Díaz, 2009).

La metodología de ACV permite hacer una evaluación de los futuros daños y un análisis exhaustivo de optimización de los recursos, 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 a cabo programas como 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 interés histórico y cultural, en fin diversas son las obras que responsabilizan a este sector en el país. La actualización del modelo económico, presta especial interés en que todas las decisiones que se tomen sean factibles desde el punto de

vista económico, ambiental y social, para lograr el desarrollo sostenible y la eco-eficiencia de las producciones.

La empresa IDEAR perteneciente al Ministerio de la Construcción es la encargada de elaborar todos los proyectos de construcción a empresas estatales de la provincia, lo que obliga asumir en sus diseños un desarrollo sostenible en favor del medio ambiente.

El proyecto de vivienda Biplanta Tradicional presenta una demanda aproximada de:

- 40,52 toneladas de cemento gris pp-250,
- 478 kg de aluminio,
- 45,31 t de bloques de hormigón,
- 112,96 t de gravilla,

productos que generan grandes emisiones de CO₂ y contribuyen al efecto invernadero, además de ser altos consumidores de energía; pero no están identificados y cuantificados los efectos a las categorías de impacto y daño de su ciclo de vida, por lo que con el uso de la metodología de ACV la empresa puede medir los impactos ambientales de los proyectos que diseñan y así contribuir a la toma de decisiones en el uso de materiales menos contaminantes, sin dejar de tener en cuenta el impacto económico y social de los mismos.

Problema de la Investigación

¿Cuáles son los principales impactos ambientales que genera la ejecución del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional en la empresa IDEAR?

Hipótesis

La aplicación de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida combinada con técnicas de análisis de proceso permitirá identificar los principales impactos ambientales de este proyecto de vivienda.

Variable dependiente: Impactos ambientales

Es la repercusión en el medio ambiente de una acción antrópica o de un elemento ajeno que genera cambios o contrastes notables de sus componentes y que puede conducir a la pérdida de su equilibrio e incluso a la degradación total.

Se miden a partir de categorías de impacto y daño con el empleo de métodos de evaluación de impacto, de punto final: Eco-indicador, Impact 2002+ y Eco-Speed.

Variable independiente: Análisis de Ciclo de Vida

Es una metodología objetiva para evaluar cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad; identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los residuos que genera.

Se desarrolla en cuatro fases: definición de objetivos y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto y análisis de mejoras; y se utiliza el software SimaPro v. 7.1 que tiene incorporada la metodología.

La investigación es del tipo **descriptiva**, partiendo del inventario de ciclo de vida del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional se definen los principales impactos ambientales generados, y se proponen mejoras ambientales y otras medidas para la minimización de los impactos ambientales negativos identificados.

Objetivo general

Evaluar el impacto ambiental del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional en la empresa IDEAR con el uso de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida.

Objetivos específicos

1. Elaborar el inventario del ciclo de vida del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional de la empresa IDEAR de la provincia de Cienfuegos.
2. Identificar los principales impactos ambientales de dicha obra a lo largo de todo su ciclo de vida con el uso de tres métodos de punto final.
3. Proponer variantes de mejora ambiental y económica del proceso constructivo del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional.

Para darle cumplimiento a estos objetivos se utilizan técnicas para la búsqueda de información: revisión crítica de información secundaria, trabajo con expertos, consulta de documentos, entrevistas, trabajo en equipo y empleo de las normas de la NC-ISO 14 040 a la NC-ISO 14 043 para ACV. Además se utilizan diagramas de flujo para la representación de los procesos, técnicas propias de la carrera como gráficos de Pareto y planes de acción, y se emplea el software para ACV SimaPro versión 7.1.

Aporte Novedoso

Se evalúa el impacto que sobre el medio ambiente tiene la ejecución de un proyecto de construcción de vivienda (Biplanta Tradicional) a partir de un enfoque holístico, que considera todos los materiales involucrados desde su producción hasta el uso de los mismos.

Aporte Ambiental y Económico

El uso de puertas de cristal con el marco de aluminio, ventanas de aluminio con persianas de cristal, mosaicos, viguetas y bovedillas de poliestireno en la cubierta del biplanta, salpicado rústico en los exteriores, y ladrillos de barro macizo, permite que se disminuya el impacto ambiental en un 33,80%, se reduce la huella hídrica en un 53,36% y la huella de carbono en un 20,17%; y se logra un ahorro de \$ 3631,98 por la ejecución del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional.

Al concluir la investigación, queda estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I: Marco teórico

En este capítulo se realiza un análisis conceptual sobre el sistema de gestión medioambiental; donde se reconocen las ventajas e importancia de su aplicación además de abordar las diferentes herramientas existentes, encontrándose entre las más utilizadas a escala mundial, el Análisis de Ciclo de Vida, señalando sus principales beneficios y su potencialidad para gestionar los aspectos medioambientales de un producto o servicio.

Capítulo II: Parte experimental

En este capítulo se desarrolla una caracterización de la empresa IDEAR y se plantea una metodología para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional basado en las normas NC-ISO 14 040.

Capítulo III: Análisis de los resultados.

Se aplica el procedimiento para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida de un proyecto de vivienda que se realiza en la empresa IDEAR de Cienfuegos; en el que se comparan diferentes métodos de evaluación ambiental, se cuantifican e identifican las categorías de impacto afectadas y se valoran variantes de mejora para la obra a ejecutar en la empresa objeto de estudio, comprobándose la factibilidad ambiental y económica de las mismas.

Capítulo 1



Capítulo 1 – “Marco teórico”

En este capítulo se realiza un análisis conceptual sobre el sistema de gestión medioambiental; donde se reconocen las ventajas e importancia de su aplicación además de abordar las diferentes herramientas existentes, encontrándose entre las más utilizadas a escala mundial, el Análisis de Ciclo de Vida, señalando sus principales beneficios y su potencialidad para gestionar los aspectos medioambientales de un producto o servicio. En la Figura 1.1 se muestra el hilo conductor de la investigación.

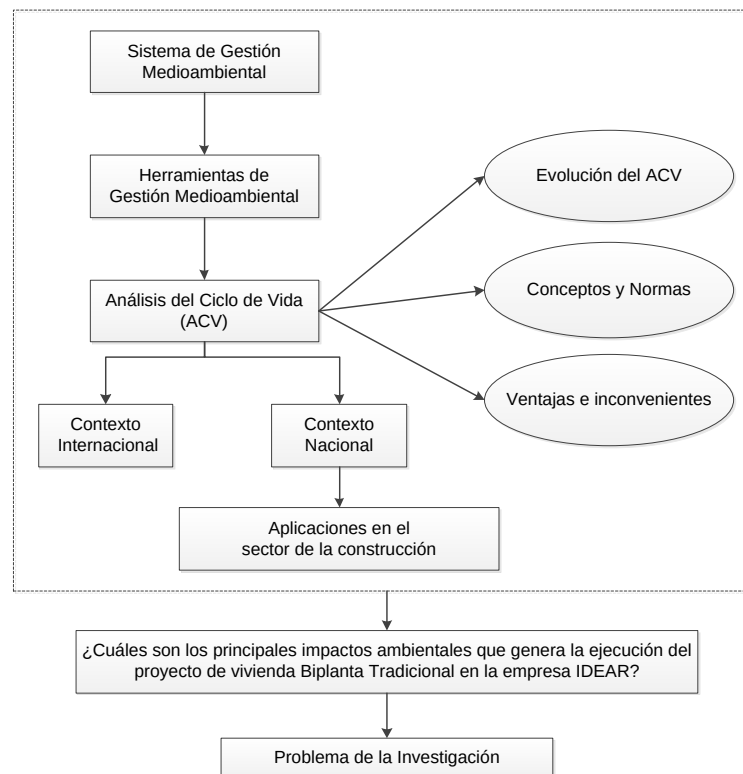


Figura 1.1 – Hilo conductor de la investigación. Fuente: Elaboración Propia.

1.1– Sistema de Gestión Medioambiental

1.1.1 – Antecedentes

Las preocupaciones sobre el medio ambiente comenzaron a principios del siglo XX en los círculos académicos de los países industrializados, y después de la Segunda Guerra Mundial la discusión se propagó hacia otros países, hasta que en la década de 1970 se crearon los organismos mundiales encargados de la atención de los ecosistemas y de la adecuada explotación de los recursos naturales. A partir de ese momento, los países del llamado Tercer Mundo empezaron a analizar la problemática ambiental, lo que derivó en la creación de organismos gubernamentales

encargados de estos asuntos, así como en leyes protectoras de los recursos naturales que regularon su manejo y explotación.

A principios de la década de 1970, eran pocos los países que contaban con leyes para regular el manejo del ambiente y de los recursos naturales. Dos acontecimientos de orden internacional marcaron las directrices de las políticas públicas en cuestión de medio ambiente y recursos naturales durante los últimos treinta años: la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en 1972 en un primer momento, y dos décadas más tarde la Conferencia de Río en 1992.

Se puede afirmar que el medio ambiente se convierte en un asunto de importancia mundial a partir de la primera, también conocida como la Conferencia de Estocolmo, donde se reconoció el daño causado por el hombre en distintas regiones de la Tierra: contaminación del agua, el aire, la tierra y los seres vivos; trastornos del equilibrio ecológico de la biosfera; destrucción y agotamiento de recursos no renovables; así como el daño en el ambiente que rodea al ser humano, en donde vive y trabaja, con consecuencias nocivas para la salud. En la Declaración de la Conferencia se menciona que en los llamados países del Tercer Mundo, la mayoría de los problemas ambientales son ocasionados por el subdesarrollo, y por el contrario, en los países industrializados los problemas ambientales son motivados por el desarrollo tecnológico. La Conferencia declara 26 principios, dentro de los cuales destacan: que los recursos naturales deben preservarse en beneficio de generaciones presentes y futuras; que los recursos no renovables deben de emplearse de forma que se evite su agotamiento; que la descarga de sustancias tóxicas y la liberación de calor debe realizarse únicamente en cantidades que puedan ser neutralizadas y que no causen daños irreparables a los ecosistemas; que deben destinarse recursos para la conservación y mejoramiento del medio; que se debe utilizar la investigación científica para evitar y combatir las amenazas al medio ambiente; y que debe fomentarse la educación en cuestiones ambientales.

En esta reunión aparecen dos posiciones antagónicas: a) La detención de la contaminación, para mejorar la calidad de vida y b) El desarrollo a costa de la contaminación. A partir de este momento se inició una evolución en la forma de enfocar los asuntos ambientales.

En la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, "La Cumbre de la Tierra", Brasil, 1992, se señala al mundo y a sus dirigentes, la importancia y urgencia de adoptar medidas para proteger el medio ambiente y encontrar la manera de que la interacción personas-medio ambiente asegure el desarrollo sostenible de la sociedad humana (Prando, 2002).

1.1.2 – Conceptos y/o Definiciones de Gestión Medioambiental

“Un SGMA es el marco o el método de trabajo que sigue una organización para lograr y mantener un determinado comportamiento de acuerdo con las metas que se hubiere fijado y como respuesta a normas, riesgos ambientales y presiones tanto sociales como financieras, económicas y competitivas en permanente cambio” (Conesa & Fernández, 2005).

Se entiende como Gestión Ambiental al conjunto de acciones emprendidas por la sociedad, o parte de ella, con el fin de proteger el medio ambiente. Sus propósitos están dirigidos a modificar una situación actual a otra deseada, de conformidad a la percepción que sobre ella tengan los actores involucrados. En su concepción más amplia, la gestión ambiental es un proceso permanente y de aproximaciones sucesivas en el cual diversos actores públicos y privados y de la sociedad civil desarrollan un conjunto de esfuerzos específicos con el propósito de preservar, restaurar, conservar y utilizar de manera sustentable el medio ambiente (Rodríguez & Espinoza, 2002).

Los sistemas de gestión del medio ambiente tienen por objeto (Ángel, 2005):

- Garantizar el cumplimiento de las leyes y reglamentos de protección del medio ambiente, tanto locales, como regionales, nacionales e internacionales.
- Fijar y promulgar las políticas y los procedimientos internos necesarios para alcanzar los objetivos medioambientales de la organización.
- Identificar y gestionar los riesgos en que incurre la empresa como consecuencia de los riesgos medioambientales.
- Identificar el volumen de recursos y el personal adecuado para el nivel de riesgo y los objetivos medioambientales de dicha organización, asegurando al mismo tiempo su disponibilidad cuando y donde fuese necesario.

La Gestión Medioambiental hace referencia a todas las actuaciones que contribuyen a (Cordero & Pérez, 2010):

- Cumplir los requisitos de la legislación medioambiental vigente
- Mejorar la protección ambiental
- Reducir los impactos de la propia organización sobre el medio ambiente, al controlar los procesos y actividades que los generan.

Todas estas actividades, de forma conjunta y planificada dentro de una organización, conformarán el Sistema de Gestión Medioambiental (también conocido por su abreviatura (SGMA), que

proporciona una metodología estructurada dirigida hacia la mejora continua. Un SGMA es un sistema estructurado de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procesos, los procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día los compromisos en materia de protección medioambiental que suscribe la organización, es decir, su política medioambiental (Romero, 2003).

La definición de Sistema de Gestión Medioambiental dada por el Reglamento (CE) Nº 761/2001 (EMAS) y por la Norma ISO 14001:1996 es prácticamente la misma:

Reglamento (CE) Nº 761/2001 (EMAS)

La parte del sistema general de gestión que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, aplicar, alcanzar, revisar y mantener la política medioambiental.

Norma ISO 14001:1996

La parte del sistema general de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día la política medioambiental.

Existen tres características que deberán cumplir todos los SGMA (Ángel, 2005):

- Completo: Debe cubrir todas las actividades que se realicen en la empresa.
- Comprensivo: Todos los implicados deben conocer y comprender claramente su papel, sus responsabilidades.
- Abierto: El proceso de mejora es continuo, con lo que el sistema debe permitir cambios sobre la marcha siempre que se detecten irregularidades, lagunas o disfunciones.

1.1.3 – Importancia, ventajas y desventajas del SGMA

La importancia principal del SGMA es la determinación de elementos que deben considerar las organizaciones en materia de protección medioambiental para asegurar que en el desarrollo de sus actividades se tiene en cuenta la prevención y la minimización de los efectos sobre el entorno. Se basan en la idea de integrar actuaciones potencialmente dispersas de protección medioambiental en una estructura sólida y organizada, que garantice que se tiene en cuenta el control de las actividades y operaciones que podrían generar impactos medioambientales significativos (Conesa & Fernández, 2005).

Existen diferentes grados de desarrollo de un SGMA y diferentes alternativas para su implantación. La tendencia más generalizada en la actualidad es la implantación de los SGMA según la norma de ámbito internacional ISO 14001 frente al sistema europeo EMAS, ya que la primera cuenta con reconocimiento y validez a nivel mundial, mientras que el segundo queda limitado al ámbito europeo (Cordero & Pérez, 2010).

La gran ventaja de desarrollar e implantar un SGMA normalizado ISO, es que proporciona y exige un proceso sistemático y cíclico de mejora continua, equivalente a Planificar>Ejecutar>Comprobar>Actuar, la gestión medioambiental de forma permanente y asegurar así, niveles de comportamiento medioambiental de la organización cada vez más elevados. Por ello, al analizar los requisitos establecidos por la Norma ISO 14001 para el desarrollo e implantación de un SGMA, resulta muy fácil relacionarlos con las etapas del ciclo de mejora continua, antes mencionado.

Existen otros tipos de ventajas, las llamadas **ventajas directas** que se obtienen por la propia implantación del SGMA, algunos de sus **beneficios** son (Conesa & Fernández, 2005):

1. Seguridad en el cumplimiento de la legislación vigente, y por lo tanto soslayar la posibilidad de sanciones por parte de la inspección.
2. Reducción de costes de producción. El establecimiento de procedimientos, controles y formularios para reducir el impacto ambiental redundan en eliminar los derroches en el consumo de recursos naturales y por lo tanto también en un beneficio económico para la empresa.
3. La disminución del riesgo medioambiental, supone optar importantes reducciones de materias primas en los seguros medioambientales, e incluso en algunos casos, es un requisito necesario para suscribir un seguro el tener un SGMA.

Consecuentemente, la organización podrá ahorrar mucho dinero si, por un lado, ajusta el consumo de materias primas, agua y energía a lo estrictamente necesario y, por otro, genera menos desperdicios, residuos y despilfarros.

Las ventajas indirectas, se derivan de la obtención de un Registro Medioambiental de empresa, y se pueden destacar (Ángel, 2005):

1. Mejora de la imagen de la empresa. Se percibe por el personal de la empresa, clientes, administración y sociedad en general la imagen de una empresa respetuosa con el medio ambiente.

2. Aumento de la competitividad. Permite abrir nuevos mercados y mantener aquellos cada vez más exigentes.
3. Mejora de las relaciones internas y externas. Tanto con los trabajadores de la propia empresa aumentando su motivación como con la comunidad local, administración, clientes, etc.

Respecto a los **inconvenientes** se pueden mencionar (Ángel, 2005):

1. Los costos económicos del proceso, los que varían ampliamente dependiendo del tipo de empresa, actividad que realice, legislación ambiental que se aplique y estado medioambiental de la empresa en el momento de iniciar el proceso. También influyen factores como la formación del personal y los requisitos medioambientales que impongan los clientes. Los costos de implantación vienen ligados a:
 - El asesoramiento especializado externo que se tenga que contratar para asegurar la efectividad de la implantación.
 - La formación del personal, que se debe considerar como una inversión que afectará a la motivación y capacidad de trabajo.
 - Adecuación de las instalaciones a la legislación medioambiental vigente. Lo que se debe de considerar como una necesidad del propio funcionamiento de la empresa que tarde o temprano deberá de realizar.
2. Cambios en la estructura empresarial. La implantación de un SGMA supone un impacto importante en la mentalidad de la organización, que puede implicar resistencias en algunas personas. Así:
 - Se definirán nuevas responsabilidades respecto al medio ambiente.
 - Se establecen cambios en las prácticas y procedimientos de trabajo.
 - Un ligero aumento de la burocracia que supone el manejo de la documentación necesaria para seguir el cumplimiento del SGMA (Ángel, 2005).

1.1.4 – Procedimiento del Sistema de Gestión Ambiental

Los elementos de un SGMA (Sistema de Gestión Medioambiental) vienen descritos en la Norma ISO 14001, siendo los mismos para el Reglamento EMAS al haber adoptado éste, el modelo de Sistema propuesto por la Norma ISO 14001.

Aunque los SGMA son sumamente variados dependiendo de la empresa que sea, la mayoría de ellos constan de cuatro grandes fases dependientes e interrelacionadas; para los cuales se definen de la siguiente forma (Ángel, 2005):

1. **Planificación:** establecimiento de metas, objetivos y fijación de estrategias para alcanzarlos. Estas estrategias configuran la política empresarial y comportan la asignación de recursos para llevarla a cabo.

2. **Organización:** establecimiento de una estructura organizativa, definición de funciones, responsabilidades y autoridad capaz para aplicar los recursos asignados al SGMA.

La estructura de organización de un SGMA debe de tener los siguientes aspectos:

- Identificar y considerar todas las actividades de la organización y además documentarlas correctamente.
- Definir las responsabilidades de cada persona implicada.
- Designar a un representante de la dirección para que se encargue de resolver los problemas que puedan plantearse con respecto al sistema organizativo.
- Definir la interrelación de las diferentes actividades de una misma empresa, procediendo posteriormente a su coordinación.
- Identificación de problemas, actuales o potenciales, y de los riesgos que plantea la puesta en marcha de medidas preventivas o correctoras.

3. **Aplicación:** facilita los mecanismos iniciales y crea el ambiente de trabajo necesario. Determinará los resultados que se obtendrán.

4. **Control:** evitar que la organización empresarial se separe de sus metas y se desvíe de sus objetivos medioambientales. Las auditorías medioambientales y los programas de vigilancia ambiental juegan un papel fundamental en esta tarea.

La dirección debe asegurarse de la disponibilidad de recursos esenciales para establecer, implementar, mantener y mejorar el sistema de gestión ambiental. Estos, incluyen los recursos humanos y habilidades especializadas, infraestructura de la organización, y los recursos financieros y tecnológicos.

Las funciones, las responsabilidades y la autoridad se deben definir, documentar y comunicar para facilitar una gestión ambiental eficaz.

Características de la ISO 14001 (Ángel, 2005):

- Voluntaria (ningún texto legal obliga a implantar sus requisitos).
- Basada en la mejora continua del comportamiento medioambiental de la organización.
- De aplicación internacional a todos los tipos y tamaños de la organización.
- No establece criterios específicos sobre el comportamiento medioambiental de la organización, ni los medios para ampliar sus requisitos.
- Contiene requisitos auditables para conseguir la certificación que llevan a cabo entidades externas reconocidas por la organización ISO.
- Puede complementarse con la familia de normas ISO 9000.

1.1.5 – Herramientas de Sistemas de Gestión Ambiental

Existen diferentes herramientas que se utilizan para la aplicación de sistemas de gestión ambiental los cuales brindan una base sólida para que la dirección de una organización pueda tomar decisiones técnicas adecuadas con base en las cuestiones que podrían plantearse sobre el lanzamiento de un nuevo producto o la modificación de productos existentes, para hacerlos más eficientes en cuanto a su desempeño ambiental y que sigan realizando igualmente la función para la que fueron programados.

En el Anexo No.1 se presentan, de forma resumida, los objetivos, puntos fuertes y débiles de las herramientas existentes que aplican sistemas de gestión ambiental. En ella puede verse la potencialidad del ACV como herramienta para gestionar los aspectos medioambientales, especialmente por su adecuación a aquellos estudios que tengan como base conceptual el ciclo de vida del producto o servicio, permitiendo disminuir la contaminación que la industria genera en todo su ciclo de vida y a su vez consigue minimizar el consumo de recursos sin olvidar los parámetros de calidad del producto final.

Cada una de estas herramientas ofrece diferentes formas de afrontar el problema y suministran diversas informaciones útiles a la hora de una toma de decisión, teniendo en cuenta que cada una de ellas recoge, estructura y valora informaciones según determinados aspectos, resultando, en algunos casos, hasta complementarios entre sí (Cardim, 2001).

1.2 – Análisis de Ciclo de Vida

1.2.1 – Antecedentes

El deterioro que viene sufriendo el medio ambiente afecta seriamente a la naturaleza, en la que se aprecia elevados niveles de: consumo de recursos naturales (incluyendo las tierras fértiles), contaminación de la atmósfera y el agotamiento y/o contaminación de los recursos hidrológicos, todo ello es fruto, principalmente, de la intensa actividad humana. Sus consecuencias, además de alterar el ecosistema, resultan en muchos casos perjudiciales para la salud humana o representan importantes pérdidas de la calidad de vida en algunas zonas; lo que ha provocado gran inquietud entre sectores representativos de nuestra sociedad

Ante estas condiciones, los temas relacionados con la preservación del medio ambiente empiezan a movilizar importantes sectores sociales, tanto del ámbito gubernamental como de la propia sociedad civil. Las preocupaciones marcadas en otras épocas respecto al futuro, así como los discursos con posiciones meramente ideológicas, se han visto sustituidas por acciones que efectivamente buscan frenar parte de estos efectos negativos, causados por las actividades del hombre (Cardim, 2001).

El desarrollo del ACV se originó casi simultáneamente en Estados Unidos y Europa. Si bien el primer ACV fue realizado en 1969 por el Midwest Research Institute (MRI) para la Coca-Cola, donde la premisa fundamental fue disminuir el consumo de recursos y, por lo tanto, disminuir la cantidad de emisiones al ambiente. Los estudios continuaron durante los años setenta, y grupos como Franklin Associates Ltd. junto con la MRI realizaron más de 60 análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía (Romero, 2003).

El Anexo No.2 trae un análisis cronológico mas detallado de cómo se originó y fue evolucionando el ACV hasta el 2010.

1.2.2 – Conceptos y Normas del ACV

El Análisis del Ciclo de Vida - ACV - es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los residuos que genera (Klees, & Coccato, 2003).

Se entiende por Análisis de Ciclo de Vida (ACV) a la: “Técnica para evaluar los aspectos medioambientales y los potenciales impactos asociados con un producto mediante: la recolección de un inventario de las entradas y salidas relevantes de un sistema; la evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con esa entrada y salida; y la interpretación de

los resultados de la fase de análisis y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio”. Norma UNIT-ISO 14.040 (Chiribao *et al.*, 2009).

La definición de ACV provista por la SETAC (1993) es la siguiente:

“Es un procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final”.

Un análisis de ciclo de vida es un método para estimar el impacto ambiental de un producto durante toda su vida, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final o su reutilización.

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. Sus resultados entre otras funciones sirven como apoyo al desarrollo de productos considerados medioambientalmente correctos (Cardim, 2001).

El ACV ha evolucionado y se ha enriquecido progresivamente, debido a la necesidad de disminuir el impacto ambiental de las distintas producciones que tienen lugar en la actualidad. Los objetivos globales que persigue según (Suppen & Bart, 2007) son:

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

La estructura del ACV se representa como una casa con cuatro habitaciones principales, que están representadas por las normas ISO14040, ISO14041, ISO14042 e ISO14043 (Ver Figura 1.2).



Figura 1.2 – Estructura del ACV. Fuente: (Romero, 2003).

Dentro de la normalización ISO se distinguen normativas e informes técnicos. Actualmente se han elaborado cuatro normativas relacionadas con el ACV:

- NC-ISO 14040 (1999): especifica el marco general, principios y necesidades básicas para realizar un estudio de ACV, no describiéndose la técnica del ACV en detalle (ISO-14040, 1999).
- NC-ISO 14041 (2000): en esta normativa se especifican las necesidades y procedimientos para elaborar la definición de los objetivos y alcance del estudio y para realizar, interpretar y elaborar el informe del análisis del inventario del ciclo de vida, ICV (LCI).
- NC-ISO 14042 (2001): en ella se describe y se establece una guía de la estructura general de la fase de análisis del impacto, AICV (LCIA). Se especifican los requerimientos para llevar a cabo un AICV y se relaciona con otras fases del ACV.
- NC-ISO 14043 (2001): esta normativa proporciona las recomendaciones para realizar la fase de interpretación de un ACV o los estudios de un ICV, en ella no se especifican metodologías determinadas para llevar a cabo esta fase (Díaz ,2009).

1.2.3 – Fases del análisis de ciclo de vida

I. Definición y alcance de los objetivos

Esta etapa del proceso/servicio/actividad se inicia definiendo los objetivos globales del estudio, donde se establecen la finalidad del estudio, el producto implicado, la audiencia a la que se dirige, el alcance o magnitud del estudio (límites del sistema), la Unidad Funcional, los datos necesarios y el tipo de revisión crítica que se debe realizar.

2. Análisis del inventario

El ACV de un producto es una serie de procesos y sistemas conectados por su finalidad común de creación del producto. El análisis del inventario es una lista cuantificada de todos 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, así como las emisiones producidas en cada uno de los procesos y sistemas.

3. La evaluación de impactos.

Según la lista del análisis de Inventario, se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, y se relacionan sus resultados con efectos ambientales observables.

4. La interpretación de resultados

Los resultados de las fases precedentes son evaluados juntos, en un modo congruente con los objetivos definidos para el estudio, a fin de establecer las conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones (Chiribao *et al.*, 2009). La Figura 1.3 muestra detalladamente las cuatro fases por las cuales transita el ACV.

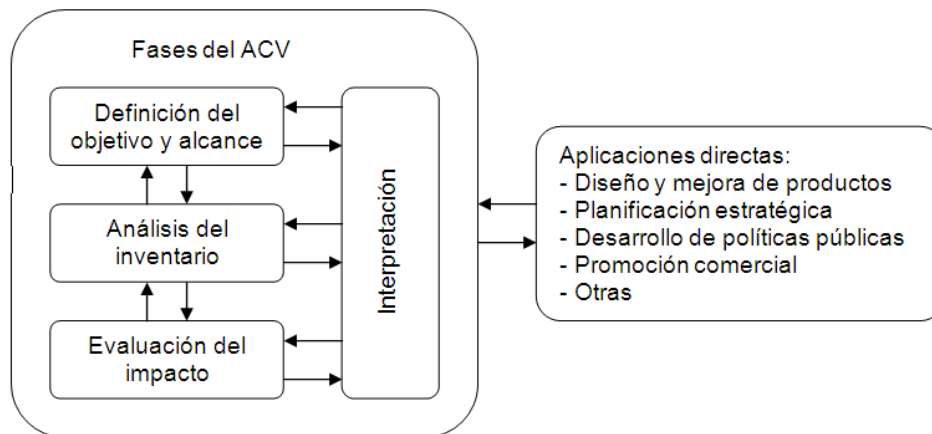


Figura 1.3 – Fases del ACV. Fuente: (Chiribao *et al.*, 2009).

1.2.4 – Ventajas y Desventajas del ACV

Una ventaja clara de la metodología es que permite detectar situaciones en las que un determinado sistema parece “más limpio” que otro simplemente porque transfiere las cargas ambientales a otros procesos o región geográfica, sin un mejoramiento real desde el punto de vista global (fenómeno conocido como “*problem shifting*”) (Iglesias, 2005).

El ACV puede proveer a una empresa valiosa información interna en el caso de evaluar un sistema productivo sobre la eficiencia del uso de los recursos y manejo de desperdicios, etc.; aunque no es apropiado por ejemplo, si quieren analizar las implicancias sobre el cliente acerca de efectos tóxicos sobre la salud. Este análisis puede ayudar a la organización a ganar ventajas competitivas y comparativas a través del ahorro de costos y mejora de posiciones en el mercado, incremento de ganancias y reforma de la imagen (de la empresa o de un producto determinado) (Iglesias, 2005).

Aunque puede no ser siempre la técnica más apropiada para usar en todas las situaciones, pues es importante entender sus limitaciones. Estas limitaciones incluyen: subjetividad en la naturaleza de elecciones e hipótesis, la precisión puede estar limitada por la accesibilidad o disponibilidad de datos importantes, o por la calidad de los mismos. No es capaz de apuntar el carácter temporal o espacial de un determinado efecto, a causa de las carencias de detalles temporales y espaciales en la base de datos, los impactos reales no pueden ser evaluados usando el ACV, ya que este mide únicamente impactos potenciales (Iglesias, 2005).

El ACV típicamente no tiene en cuenta aspectos sociales o económicos de un producto, generalmente la información elaborada en un estudio de ACV debe ser usada como parte de un proceso de decisión más integrado (comparación de resultados de diferentes estudios de ACV solamente pueden ser hechos cuando los supuestos y el contexto de cada estudio son iguales) (Romero, 2003).

1.2.5 – Métodos de evaluación de Impacto Ambiental

Para evaluar las cargas ambientales que acompañan diferentes procesos se utilizan algunas metodologías existentes como son: Ecoindicador 99, IMPACT 2002+ y Eco-Speed; métodos estos de Punto Final ya que combinan categorías de impacto y de daño, mientras los métodos ECOPUNTOS, EPS, EDIP, CML, TRACI denominados de punto Intermedio solo llegan a evaluar el impacto que ocasionan diferentes contaminantes; estos ofrecen sus valoraciones de determinado proceso además de presentar sus características específicas.

De acuerdo al conocimiento que brindan y el grado de importancia que generan, los tres métodos más utilizados son:

➤ Eco-indicador 99

Se enfoca a categorías finales o de daños. Determina un solo valor que indica el impacto ambiental total basado en los efectos calculados (ICV). Cumple con los requisitos de las normas ISO 14 040 – 14 044. Los valores de los eco-indicadores son cifras sin dimensión. Como base se

utiliza el punto Ecoindicador (Pt). El valor de 1 Pt representa una centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano medio europeo.

➤ Impact 2002+

Esta metodología desarrollada originalmente en el Instituto Suizo Federal de Tecnología, propone una implementación factible de una aproximación combinada de categorías de punto intermedio y daños.

➤ Eco-Speed

Este método es creado por el MSc. Berlan Rodríguez Pérez, investigador de la Red Cubana de Análisis de Ciclo de Vida y profesor de la Universidad de Cienfuegos, Cuba. En el que utiliza funciones de velocidad de agotamiento en la mayoría de sus categorías de impacto, de ahí el nombre de Eco-velocidad.

1.2.6 – Soporte Informático

Los pasos operativos para que se lleve a cabo el análisis de ciclo de vida de un sistema o producto, incluyen el manejo de gran cantidad de datos de los inventarios, seguidos de diversas operaciones de cálculos que se aplican a los factores de caracterización, índices de categoría, etc., como se ha indicado en apartados anteriores. Estos aspectos serán más viables con el soporte de sistemas informáticos que faciliten las tareas a realizar (Josa *et al.*, 1999).

En la Tabla 1.1 se presenta el resumen de una lista de programas de ordenadores del ACV. La presentación enfatiza solamente programas de aplicación genérica, así como, a través de sus géneros, aquellos que son específicos para la construcción de bases de datos o que sirven a otros fines, mientras que toman como base la estructura conceptual del análisis del ciclo de vida. Por lo tanto, a la hora de decidir seleccionar alguno de estos programas, deben considerarse dos aspectos importantes:

1. Inventarios que incorpora (específicamente en el ámbito en el que se quieren llevar a cabo el ACV).

2. Calidad en la gestión de datos, incluyendo en este concepto:

- La facilidad en la introducción de los datos de entrada para los diferentes ACV's que se planteen;

- La flexibilidad en el uso, actualización, sustitución, adición, etc. de datos de inventarios y, en especial, la posibilidad de añadir inventarios nuevos;

- La fiabilidad en los cálculos realizados y en el seguimiento de los mismos, siendo en este punto de vital importancia la posibilidad y facilidad de conocer el origen de cualquier resultado (trazabilidad);
- La realización de todas las fases de cálculo de un ACV; y,
- El tipo de salida de resultados (tablas / gráficas) y su flexibilidad.

Tabla 1.1 – Programas de ordenadores para el ACV de productos o sistemas genéricos.

Fuente: (Trusty & Meil, 1999).

PROGRAMA	ORGANIZACIÓN	GENERO	PAIS DE ORIGEN
SimaPro 4.0	PRé Consultants	Análisis de inventarios y evaluación de impactos	Holanda
IVAM data base	PRé Consultants	Base de datos	Holanda
GaBi 3.0	Universidad de Stutgard	Análisis de inventarios y evaluación de impactos	Alemania
KCL-ECO	The Finnish Pulp and Paper Research institute	Análisis de inventarios	Finlandia
LCAiT	Chalmers Industriteknik	Análisis de inventarios	Suecia
PEMS	Pira International	Análisis de inventarios y evaluación de impactos	Reino Unido
PIA	PRé Consultants	Análisis de inventarios y evaluación de impactos	Holanda
TEAM™	Ecobalance, Inc	Análisis de inventarios	USA

De acuerdo con lo anterior, la calidad de los inventarios y la flexibilidad de estas bases de datos marcan la diferencia con los programas existentes, al considerar que, en buena medida, la fidelidad de estos inventarios con el sistema o producto analizado influencia directamente en la calidad de los resultados finales del ACV (Trusty & Meil, 1999).

Según estos criterios el programa GABI 3, y el TEAM ofrecerían una buena evaluación puesto que cumplen todos los criterios con la única excepción del dispositivo gráfico. Por lo que se impone el SIMAPRO. Este último, ya dispone de interfaz gráfica y la posibilidad de realizar un análisis bastante completo.

Las últimas versiones de este programa se han actualizado con las nuevas bases de datos (BUWAL 250), e incluyen además nuevos ecoindicadores (Eco-Indicador 99). Se puede realizar un ACV completo con múltiples métodos para la evaluación de impactos. La base de datos de

SIMAPRO es una de las que más variedad presenta. Los datos están completamente referenciados con su fuente, incluso con descripciones cualitativas. El método para el análisis del ICV (Inventario del Ciclo de Vida) permite calcular los impactos según la metodología propuesta por la SETAC (caracterización, normalización y valoración) (Rodríguez, 2007).

También es importante subrayar que la simplicidad de uso presentada por algunos programas es una ventaja considerable para el usuario, mientras que exija un conocimiento conveniente de la metodología de ACV, porque de lo contrario puede llevarle a resultados y conclusiones erróneas por falta de capacidad crítica sobre el tema (Josa *et al.*, 1999).

1.2.7 – Aplicaciones del ACV

La información basada en el ciclo de vida puede tomar varias formas, desde el tradicional inventario del ciclo de vida (ICV) hasta la información del costo del ciclo de vida (CCV) o estudios específicos sobre el uso, utilización y manejo de un material particular a través de su ciclo de vida. Esta herramienta es fundamental en la etapa de diseño de productos o servicios (“*EcoDesign*”) así como en los casos de Eco etiquetado (“*Ecolabelling*”). Con respecto a este último, uno de los principales problemas relacionado con su implementación es que debe ser creíble y reconocido por la sociedad. Por ello necesita un procedimiento transparente, con estricta metodología científica y homologación internacional; esto lo provee un estándar ISO de ACV. Los estándares ISO para etiquetado Tipo I y III especifican el uso de ACV como una metodología viable (Iglesias, 2005).

Ejemplos de APLICACIONES DEL ACV

Se utiliza el ACV para:

- Mejoramiento y Desarrollo de productos/servicios (Diseño)
- Comparación de productos
- Identificar “Hot spots” en el ciclo de vida de un producto
- Ecoetiquetado (Tipo I y III)
- Indicadores de performance ambiental
- Localización de la producción
- Planeamiento estratégico
- Educación y comunicación
- Prevenir polución

- Evaluar y reducir riesgos potenciales
- Evaluar y mejorar programas ambientales
- Desarrollo de políticas y regulaciones
- Desarrollar estrategias de mercado

El ACV es un tema que está incorporado en muchos currículos de pregrado y posgrado de diversas disciplinas profesionales. En México a comienzos de la década del 2000 y hacia el 2005 se llevaron a cabo las primeras actividades sobre ACV, entre las cuales se destacan las siguientes (Suppen, 2005):

1. Base de datos para el inventario de ciclo de vida.
2. Diseño del ciclo de vida para el cumplimiento ambiental.
3. Estudio para la evaluación del ciclo de vida de los productos mexicanos.
4. Estudios y proyectos de ACV en el sector minero en el año 2003, que arrojaron los siguientes resultados:
 - Elaboración de una metodología para el inventario de ciclo de vida en el procesamiento de minerales.
 - Evaluación del impacto ambiental en el reciclaje del cobre.
 - Estudios de ACV para los procesos de metalurgia del zinc y del cobre.
5. Estudio de ciclo de vida para las botellas de resina PET.
6. Base de datos para el inventario de ciclo de vida en el sector eléctrico.

México es un país muy activo en la región, como lo demuestra su participación continua y efectiva en las conferencias Cilca que se han hecho hasta el momento (Chacón, 2008).

En Chile a mediados de la década del 2000 puede decirse que comienza la actividad en ACV en la minería.

Uno de los primeros estudios de ACV que se destacan dentro del sector minero chileno fue el que se lleva a cabo hacia mediados de la década del 2000, denominado “Estudio comparativo de los impactos ambientales del cobre en las plantas de fundición de Chile y Brasil” en el marco del proyecto Prosul (Proyecto Suramericano de Análisis de Ciclo de Vida de los Metales para la Producción Sostenible Minera) (Peña, 2008).

El proyecto Prosul busca determinar cuáles eran los principales rasgos al modelar un ACV en la producción de metales en Suramérica, identificando mediante un ACV y simplificado puerta a puerta, los aspectos comunes del sector de la minería de la región y los particulares de cada país. El estudio mencionado anteriormente y el proyecto en general arrojan, entre otros resultados, los siguientes:

- La construcción de una base de datos para el inventario de ciclo de vida de referencia y modelos parametrizables en el sector minero.
- Modelo para la evaluación de impacto del ciclo de vida para el sector minero. En el marco del foro mundial de expertos en ACV, denominado Iniciativa de ciclo de vida de UNEPSETAC, Chile viene cumpliendo un papel activo, ya que fue miembro del Grupo de Trabajo de Análisis de Impacto de Ciclo de Vida sobre Metales y Minerales y lo preside hasta el año 2005 (LCIA Task Force Group. Metals y Minerals) y el esfuerzo que ha hecho Chile en ACV se ve también reconocido al lograr como sede la ciudad de Santiago para la Conferencia Cilca 2009.

En Colombia, la Universidad de los Andes en Bogotá y la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en Medellín son las instituciones que impulsaron en Colombia el conocimiento y la aplicación del ACV, y son las que sirven como referente importante para conocer un poco de la historia sobre esta materia en el país (Chacón, 2008).

Los primeros trabajos y talleres sobre ACV surgieron a partir de 1997 cuando se crearon en el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec) los Comités Técnicos de Normalización Espejos del ISO/TC-207 para discutir y homologar a normas nacionales la serie de estándares internacionales de la familia ISO 14000, entre ellas la serie ISO 14040 sobre ACV.

Hacia finales de los años noventa algunas universidades e institutos realizaron varios proyectos y seminarios internacionales para introducir a los participantes en el conocimiento básico de aplicación del software SimaPro; entre las organizaciones que para ese entonces se destacaron en la ejecución de tales actividades estaban:

- Universidad de los Andes, a través del Departamento de Ingeniería Industrial.
- La Universidad del Valle, en Cali, a través del Departamento de Ingeniería Química.
- La Universidad Pontificia Bolivariana.
- Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales, en Medellín.
- Universidad Industrial de Santander, en Bucaramanga. La Universidad de los Andes, mediante los cursos de producción más limpia impartidos a los estudiantes de pregrado de ingeniería

industrial, elabora algunos estudios de ACV y tesis de grado en ACV entre 1998 y 2006 que abarcan diferentes sectores industriales, entre los que se cuentan:

- Sector agrícola (azucarero, cafetero y floricultor).
- Sector químico (producción de agroquímicos y detergentes).
- Sector de los polímeros (producción de grifería y jeringas).
- Sector de la construcción (proyectos de ingeniería civil).
- Sector petroquímico (producción de guantes de látex).
- Sector de servicios (empresas de servicios públicos).

Algunas universidades de Colombia han venido contemplando en sus currículos el ACV, como por ejemplo la Escuela Colombiana de Ingeniería en la ciudad de Bogotá, incorporó en el 2008, en los cursos de producción más limpia impartidos a los estudiantes del programa de ingeniería industrial, los fundamentos del ACV (Chacón, 2008).

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 que se vienen desarrollando en el área de Latinoamérica.

Llanes *et al.* (2006) publican en la Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, de Cuba, una Metodología para la Determinación de Impactos Ambientales en Procesos Productivos, estos educadores de la Universidad Agraria de la Habana realizan un resumen de las diferentes normas ambientales vigentes dedicadas al impacto ambiental; haciendo énfasis en la importancia del ACV y estableciendo comparaciones con otras herramientas de gestión ambiental.

Es válido señalar que este tipo de herramienta se implementa en una serie de estudios que ejecuta 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 del 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).

López (2009) realiza un estudio con enfoque de ACV evaluando el Impacto Ambiental del Proyecto Grupo Electrógeno de Cruces para cuantificar los impactos ambientales que este ocasiona a lo largo de su ciclo de vida.

Díaz (2009) aplica la metodología de ACV determinando que los principales problemas ambientales que presenta el proceso de producción de alcohol en la Empresa Mixta de Alcoholes Finos de Caña ALFICSA ubicada en Aguada de Pasajeros están concentrados en la respiración de sustancias inorgánicas por la emisión de dióxido de azufre (SO_2) y el calentamiento global por emisiones de dióxido de carbono (CO_2), generadas por la combustión de petróleo crudo cubano en el generador de vapor.

Moya (2010) aplica el ACV al proceso de producción de la harina de trigo en la Empresa de Cereales Cienfuegos en su trabajo de diploma; determinando que los principales problemas ambientales están concentrados en la respiración de sustancias inorgánicas y efectos no carcinógenos por la emisión de partículas sólidas (polvo), lo cual propone medidas de mejora para disminuir estos impactos basadas en la sustitución e instalación de equipos en el molino No. 2.

Cordero y Pérez (2010) realizan un estudio de evaluación de impacto ambiental con enfoque de ACV de la producción de azúcar en las tres empresas azucareras pertenecientes a la provincia Cienfuegos, una vez realizado el estudio y reconocidos los impactos ambientales que estos procesos ocasionan proponen como variante de mejora la implementación del riego por goteo, demostrando su factibilidad ambiental y económica. En el caso de León (2010) el análisis se establece en la Empresa de Cementos Cienfuegos S.A, con el objetivo de instaurar un enfoque preventivo para cuantificar los impactos ambientales que ocasiona el proceso de producción de cementos; determinando que los problemas ambientales están concentrados en el elevado consumo de energía no renovable; la respiración de sustancias inorgánicas, por la emisión de dióxido de azufre y polvo, y el calentamiento global por emisiones de dióxido de carbono.

1.3 – Análisis de Ciclo de Vida en el sector de la construcción

El impacto ambiental en el sector de la construcción viene dado por factores de tipo: consumo energético, consumo de materiales y materias primas renovables o no, consumos de agua, emisiones atmosférica fundamentalmente CO_2 y polvo, desechos líquidos y sólidos, emisión de radiaciones y vapores producidos por los materiales. Todos ellos provocan el agotamiento de la energía, de los recursos naturales, el calentamiento global, toxicidad humana, sellaje del suelo, cambios en el clima, entre otros.

Al comparar la emisión de CO₂ que se produce en una vivienda durante la etapa de explotación, en dependencia del material de su envolvente, partiendo del análisis del ciclo de vida, muestra que una vivienda de rama y tierra emite 10.3 kg/m²/año de CO₂, mientras que una vivienda de paneles de hormigón de densidad 1.1 t/m³ emite 20.9 kg/m²/año de CO₂, lo que representa que una casa de paneles de hormigón tendrán el doble del impacto de una vivienda de tierra y madera, por emisión de CO₂. Esto demuestra la importancia de la selección del material adecuado. En el Anexo No. 3 se muestran las relaciones de materiales, su empleo en la construcción, problemas que causan al medioambiente y los riesgos sobre la salud humana y en el Anexo No.4 se representa la relación de materia o sustancia empleada en la construcción, los problemas que ocasionan relacionado con emisiones de compuestos químicos, polvos, radiaciones, etc. y recomendaciones útiles para la selección del material (Llanes, 2006).

La herramienta ACV es utilizada en innumerables investigaciones relacionadas con el sector de la construcción ya que esta refleja los impactos que ocasionan determinados tipos de materiales de construcción a su paso por la puesta en marcha de diferentes obras.

El ACV toma gran importancia en el sector de la construcción ya que su aplicación conlleva:

- Consumir una mínima cantidad de energía y agua a lo largo de la puesta en marcha de las obras.
- Hacer un uso eficiente de las materias primas (materiales que no perjudican el medio ambiente, materiales renovables y caracterizados por su desmontabilidad)
- Generar unas mínimas cantidades de residuos y contaminación a lo largo de su vida (durabilidad y reciclabilidad)
- Utilizar un mínimo de terreno e integrarse correctamente en el ambiente natural.
- Adaptarse a las necesidades actuales y futuras de los usuarios (flexibilidad, adaptabilidad y calidad del emplazamiento)
- Crear un ambiente interior saludable de esas edificaciones.

Klees y Coccato (2005) desarrollan una investigación a partir del análisis del ciclo de vida de los materiales más utilizados en la construcción de los barrios de la ciudad aledaños a la Universidad Nacional del Nordeste, provincia Chaco, Republica de Argentina en el que se concuerda la necesidad de eliminar los productos peligrosos, el uso de ecoetiquetas y el cierre del ciclo de vida de muchos de los materiales de construcción por medio de la reutilización o reciclaje de los residuos, esto permitirá mejorar el balance ecológico de los edificios que se construyan en el futuro en esta localidad.

Arena (2006) En el I Seminario Iberoamericano de Ecodiseño Buenos Aires, 10-11 de agosto 2006 Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Centro Metropolitano de Diseño; presenta un trabajo titulado “Aplicación del Análisis de Ciclo de vida para el diseño sustentable en la construcción”. La aplicación de esta metodología en este caso ha permitido:

- Cuantificar el impacto energético y ambiental de dos materiales constructivos alternativos
- Evaluar la influencia ambiental durante la fase de uso de la vivienda en la que son aplicados.
- Cuantificar la mejora ambiental en muros aislados contruidos con ambos tipos de ladrillos
- Rastrear los procesos responsables de los efectos observados.

Zalazar y Jacobo (2000) hacen un análisis de las construcciones a partir del complejo proceso de la construcción y la vida útil de la edificación, considerando que en ese proceso, aparecen una serie de estadíos pasando por la producción de los materiales de construcción como parte de la construcción propiamente dicha, posteriormente el uso y la habitabilidad, el mantenimiento y la demolición.

Llanes (2006) presenta en su tesis de opción al grado científico de doctor en ciencias un “Método de Evaluación de Soluciones Constructivas para Vivienda. Caso de estudio: Inserción de Edificios de Viviendas en Zonas Compactas de Ciudad de la Habana” a partir del uso del análisis de ciclo de vida en el cual propone soluciones constructivas para las viviendas disponibles en el país de ahí que los métodos evaluativos se deben desarrollar de acuerdo con las condiciones específicas de las construcciones, teniendo en cuenta aquellos factores técnico-económicos, ambientales, y sociales que influyen determinantemente en la elección adecuada de la solución constructiva.

Conclusiones Parciales

- 1 El ACV permite a las empresas que la apliquen tener una visión más amplia sobre sus procesos, productos o servicios, al posibilitar la implantación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA), sirviendo como base para que se utilicen estrategias ambientales que favorezcan la adopción de patrones de consumo y productos sostenibles.
- 2 Los distintos métodos de evaluación de impacto, presentan parámetros similares, que en función de características específicas de la población, de las especies y el entorno, permiten evaluar los daños ambientales ocasionados por la actividad consiente del hombre.
- 3 La herramienta de análisis de ciclo de vida posibilita evaluar las cargas medioambientales de determinado proceso; en este caso en la ejecución de obras de la construcción; proporcionando la información necesaria para que los ejecutores puedan tomar decisiones sobre aquellos recursos que son más contaminantes y que emisión poder contrarrestar.

Capítulo 2



Capítulo 2 – “Parte Experimental”

En este capítulo se desarrolla una caracterización de la empresa IDEAR y se plantea una metodología para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional basado en las normas NC-ISO 14 040.

2.1 – Descripción del objeto de estudio

En 1959 se integró un pequeño grupo de diseño, subordinado a la Empresa Constructora del MICONS en Cienfuegos, dedicado fundamentalmente a obras de ingeniería. Posteriormente se incrementó su potencial con la incorporación de nuevos profesionales, lo que posibilitó la elaboración de proyectos y diversos programas de mayor complejidad. Son de esta etapa proyectos como la doble vía de entrada a la ciudad, las vaquerías de “El Tablón” y muchos de los viales del territorio, particularmente en la montaña.

En 1970 al desaparecer el MICONS y crearse el Sector de la Construcción que aglutinaba a diversos organismos y entre ellos al DESA, se conformó un grupo especializado en obras agropecuarias que elaboraron los proyectos para la ejecución de vaquerías, centros porcinos y avícolas, así como viales agropecuarios del territorio. También en esa época se apoyó al DESA en Santa Clara y Sancti Spíritus con resultados satisfactorios en obras de esos programas.

En 1976 de nuevo la actividad de la construcción se unifica en el MICONS como organismo rector y al constituirse las empresas de proyecto, se crea en Cienfuegos un Departamento de la EMPROY # 9 de Villa Clara a la cual se subordina para dar respuesta a obras de diferentes programas; aunque ya en esta etapa se acometieron grandes proyectos en otros sectores como en el de la Salud, Educación y viviendas. Son de estos años la ampliación del Hospital Infantil, el Policlínico de Refinería y las grandes urbanizaciones de Junco Sur y Buena Vista.

Al inicio de 1988 adquiere la categoría de Subdirección Ejecutiva de la referida entidad y por consiguiente se amplía su nómina de personal técnico, lo que permitió la elaboración de mayores y más complejos proyectos entre los que se destacan la ampliación del Hotel Faro Luna, el preuniversitario de Mayarí en el Plan Turquino, los Porcinos de Palmira y Aguada, la carretera CEN - Playa Girón, un gran número de comunidades agrícolas, la remodelación del Frontón de Cienfuegos y otros.

En octubre de 1994 dado el desarrollo y el elevado nivel de nuestro centro, se independizó de la EMPROY # 9 y por resolución N° III del Ministro de la Construcción se erigió en una entidad independiente, con patrimonio propio y con todas las facultades inherentes a una Unidad Básica Económica con el nombre de Centro de Proyectos de Cienfuegos (CEPROY).

Más tarde, por Resolución Ministerial No. 385/98 del mes de junio se crea la organización denominada Asociación Constructora No. 2 Cienfuegos en forma abreviada ACONCI, y el CEPROY cambia de denominación por el de Centro de Diseño e Ingeniería (CEDIN).

Por decisión de la máxima dirección del Ministerio a mediados del 2000 se creó un Grupo Empresarial que agrupa a todas las empresas de Diseño del Organismo y conjuntamente se forman a partir de las OEE existentes las empresas que lo conforman entre las que se incluyó esta entidad que es como actualmente se conoce. “EMPRESA DE DISEÑO E INGENIERIA DE CIENFUEGOS, EDIN”.

A tenor del Acuerdo adoptado por el Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, en fecha 13 de diciembre del 2001, la Empresa de Diseño e Ingeniería aplica el Perfeccionamiento Empresarial.

Como parte del proceso de reestructuración del organismo MICONS es que se decide proceder a la integración de la filial de EPROYIV en Cienfuegos a la Empresa de Diseño e Ingeniería del mismo territorio (EDIN).

La Empresa unificada permite asumir Proyectos de mayor complejidad y envergadura que se aprueben en el territorio, un mejor uso de la fuerza de trabajo, además se obtiene una Empresa de mayor categoría, aplicando el Perfeccionamiento Empresarial con todas sus ventajas y facultades y con la perspectiva de una nueva imagen empresarial como resultado de las mejores prácticas y experiencias de ambas. La Empresa unificada posibilita un mejor desarrollo de los procesos de trabajo y de dirección que son básicos para el desarrollo de la Norma ISO 9000, al contar con el personal necesario para ello.

Según Resolución No 273/04 el Comité de Certificación de la Oficina Nacional de Normalización aprobó el 28 de Octubre de 2004, la certificación del Sistema de Gestión de la Calidad de la Empresa, fundamentando su decisión en el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Norma NC-ISO 9001-2001, Sistema de Gestión de la Calidad, todo lo cual se comprobó mediante auditorías de la Calidad efectuadas por un equipo de auditores especializados designados por la Dirección de Evaluación de la Conformidad de la Oficina.

La nueva empresa IDEAR está siendo lanzada al sistema empresarial con una imagen corporativa, diferente a la que presentaban las empresas que dieron su origen, para ello se tomó de las actividades fundamentales las palabras que conforman el genérico (ingeniería, diseño, arquitectura) lo cual al combinarse fonéticamente se concluye en IDEAR palabra fácil de recordar, pronunciar, pregnante y globalizadora de la actividad que desarrolla la Empresa. Actualmente ya

Certificado con No 2003-0634 y concedido por Resolución 4224/2004 y dado en La Habana 3 de Febrero de 2006.

Es necesario conocer los aspectos propios del entorno de la Empresa, que lo constituyen, las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades las cuales han sido identificadas por la propia empresa y se muestran en el Anexo No.5 a través de la matriz DAFO.

Mediante el análisis de los elementos anteriores se puede deducir que para lograr el desarrollo tecnológico esperado para IDEAR, se debe adoptar una estrategia ADAPTATIVA, lo cual implica eliminar o minimizar en todo lo posible las debilidades, y aprovechar al máximo las oportunidades que se presenten, con apoyo en las fortalezas teniendo siempre presentes las amenazas latentes del entorno.

2.1.1 – Caracterización de la empresa IDEAR en 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, Consultoría y Dirección Integrada de Proyectos, 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, el centro posee una trayectoria avalada por más de 35 años de trabajo.

Hoy día IDEAR presta 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. En el Anexo No.6 se muestra la estructura organizativa por la cual se compone la empresa.

La misión está definida en:

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, basado en las NC-ISO-9001/2008, se mejora continuamente, para cumplir los requisitos y las expectativas de nuestros Clientes.

Declaración de la visión:

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-9001/2008.

Los proveedores de la empresa IDEAR están definidos previo análisis, los cuales están detallados por el poder de negociación y de importancia que presentan. Ellos son: DIVEP, ACINOX, COPEXTEL, CIMEX, Comercializadora Escambray, SOMEK, entre otros.

Los principales clientes son: MINTUR, MINBAS, UPIV, MINSAP, MINED, MES, MINFAR, MINCIN. Actualmente las mayores ventas están concentradas en el (MINBAS) las cuales representan el 55 % de los ingresos de la entidad, siendo este cliente muy cotizado por su capacidad de pago. Existe una buena percepción de este cliente, por los servicios recibidos dado por la eficiencia acorde con sus niveles de exigencia (calidad, plazos de entrega y rapidez), por ello es de esta organización de la que reciben estos servicios a escala nacional.

La empresa IDEAR se propone una serie de estrategias vinculadas con las construcciones para el presente año 2011, por lo que plantea se debe incrementar las acciones constructivas con relación a la vivienda que permita el mejoramiento continuo del fondo habitacional. La búsqueda de soluciones que aumenten la sustentabilidad y la reparación del fondo actual. Las acciones en la construcción, conservación y rehabilitación de las viviendas deben reducir de manera sostenible el déficit habitacional del territorio, utilizando la vía estatal y por esfuerzo propio de la población. La actividad de los constructores, decisiva para alcanzar los propósitos inversionistas y de mantenimiento constructivo (turismo, viviendas, viales, recursos hidráulicos, salud, educación, otros) deben lograr procesos sustantivos en organización, plazos, calidad, costos, empleo eficiente y eficaz de los recursos e introducción sistemática y continuada de tecnología de avanzada en cuanto a la modernización de los servicios informativos, la gestión y tecnologías de punta en el diseño y construcción.

La mayor o menor presión de los productos sustitutos, dependerá 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. Pueden surgir productos 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.

El objeto de la empresa está señalado en prestar servicios técnicos para objetivos y obras de arquitectura, monumentarias, industriales e ingenieras de todo tipo además de categoría, consistentes en:

- Diseño o proyección arquitectónica, ingeniera y tecnológica de nuevas inversiones y mantenimiento, reparaciones, demoliciones y/o desmontaje de objetivos o instalaciones existentes;
- Dirección del Diseño / Proyección (Proyectista General y/o Principal);
- Dirección facultativa de obras;
- Diseños y proyectos de urbanismo y urbanizaciones;
- Servicios técnicos de impacto ambiental y de análisis de condiciones ambientales;
- Servicios Integrados de Ingeniería en Dirección, Gestión y Administración de Proyectos de Inversión, de la Construcción (Contratista General), en sus distintos alcances;
- Diseño o Arquitectura de interiores, exteriores y paisajismo;
- Diseño de mobiliario, enseres, equipos, accesorios, dispositivos y demás artículos estándar o no y sus partes;
- Ingeniería de organización de inversiones y obras;
- Servicios de procuración, evaluación de ofertas y gestión de suministros;
- Ingeniería económica, estimaciones y presupuestos económicos de inversiones y de uso, reemplazo o reconstrucción de objetivos existentes;
- Servicios técnicos y económicos de preinversión, tecnológicos, localización, sociales, de oportunidad, mercado y financieros;
- Servicios técnico – económicos de post-inversión, de organización de la operación y mantenimiento de objetivos existentes e inversiones;
- Supervisión, control e inspección técnica y de calidad de construcción, montaje y puesta en marcha de inversiones, de fabricación y transportación de equipos y materiales;
- Asistencia, asesoría, consultoría y dictámenes, de calidad y económicos;
- Servicios técnicos de defectación, peritaje y auditoría técnica y de calidad;

- Servicios técnicos de investigación y desarrollo técnico (I + D) en sistemas constructivos, tecnológicos, ingenieros y otros; información científico-técnica; superación técnico-profesional; elaboración de documentos técnicos normalizados y desarrollo de implementación de programas computacionales;
- Servicios de técnicas computacionales o informáticas, incluyendo la comercialización de programas computacionales propios de la actividad;
- Elaboración de maquetas arquitectónicas, ingenieras y tecnológicas;
- Servicios de levantamientos técnicos de arquitectura e ingenieros; y,
- Servicios de ingeniería, geodésica y topográficos de objetivos existentes e inversiones.

2.2 – Justificación del estudio

Según Llanes (2006) materiales como el cemento, la cerámica, el aluminio, el acero, entre otros, contribuyen al efecto invernadero por la emisión al aire de CO₂ en mayor por ciento y de otros gases químicos en menor cuantía, siendo el cemento el mayor contribuidor a las emisiones de CO₂, desprendiendo 0,5 t de CO₂ de origen químico y 0,4 t de CO₂ por la quema de combustible en su producción por cada tonelada de este material. Para producir una tonelada de cemento se descarga al medio ambiente 1 t de CO₂, se ha reportado que el 7% de emisiones de CO₂ en el mundo son atribuidas a la industria del cemento. Por otra parte el cemento genera polvo que daña la salud humana provocando enfermedades de tipo respiratorias. El acero es otro material que produce grandes impactos ambientales por la gran cantidad de energía que consume y la alta emisión de CO₂ al aire en su producción, así como la gran cantidad de polvo que genera.

Además Toscano (2008) plantea que entre las actividades que se destacan como grandes generadoras de residuos y por tanto, como altas contaminantes del medio ambiente, se encuentra la Construcción Civil (aporta aproximadamente el 30 % del peso total de los residuos sólidos generados en las ciudades). La deposición de los residuos de la construcción dentro de las propias ciudades o en los vertederos, traen consigo inconvenientes como: disminución del caudal de los ríos, deterioro de la estética urbana, la ocupación de extensas áreas de tierras productivas, el desarrollo de vectores y el gasto de recursos a entidades estatales.

La empresa IDEAR perteneciente al Ministerio de la Construcción es la encargada de elaborar todos los proyectos de construcción a empresas estatales de la provincia, lo que obliga asumir en sus diseños un desarrollo sostenible en favor al medio ambiente.

El proyecto de vivienda Biplanta Tradicional presenta una demanda aproximada de 40,52 toneladas de cemento gris pp-250, 478 kg de aluminio, 45,31 t de bloques de hormigón, 112,96 t de gravilla, entre otros productos que generan grandes emisiones de CO₂ y contribuyen al efecto invernadero como se planteaba anteriormente, además de ser altos consumidores de energía en el proceso de producción y uso de los mismos; pero no están identificados y cuantificados los efectos a las categorías de impacto y daño de su ciclo de vida, por lo que con el uso de la metodología de ACV la empresa puede medir los impactos ambientales de los proyectos que diseñan y así contribuir a la toma de decisiones en el uso de materiales menos contaminantes, sin dejar de tener en cuenta el impacto económico y social de los mismos.

2.3 – Procedimiento de Análisis de Ciclo de Vida

De acuerdo con la metodología propuesta por la normativa NC- ISO 14040,1999 el ACV puede dividirse en cuatro fases: objetivos y alcance del estudio, análisis del inventario, análisis del impacto e interpretación.

En la Figura 2.1 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. A continuación se describe cada una de las etapas básicas para el desarrollo de la herramienta de ACV según se muestra en las normas NC-ISO 14 040, NC-ISO 14 041, NC-ISO 14 042 y NC-ISO 14 043.

2.3.1 – Etapa 1: Definición de los objetivos y alcance

En esta primera etapa deben definirse claramente el objetivo y alcance del estudio de ACV, de modo que sean consistentes con la aplicación que se persigue; para lo cual deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos en el orden que se plantean.

A) Definir el objetivo del estudio.

El objetivo de un estudio de ACV debe indicar 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 objetivo deben tenerse en cuenta los siguientes requisitos:

- La aplicación y las audiencias proyectadas se describen en forma clara.
- Las razones para la ejecución del estudio deben ser explicadas claramente. ¿Está el encargado o el actor tratando de comprobar algo? ¿Es la intención del encargado sólo suministrar información?, etc.

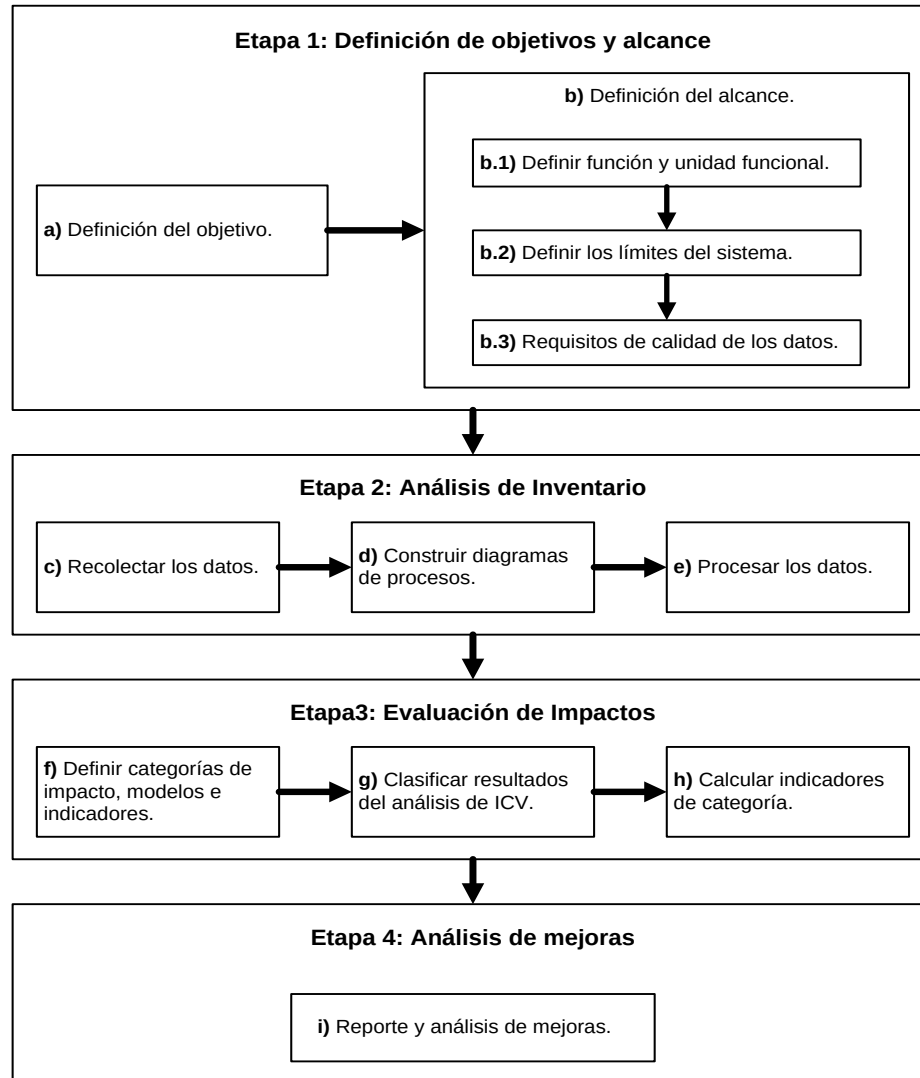


Figura 2.1 – Etapas de la metodología ACV. Fuente: (Díaz, 2009)

B) 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.

En la definición del alcance de un estudio de ACV se debe considerar y describir claramente: 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 iniciales de calidad de los datos.

Definir función y unidad funcional

La unidad funcional define la cuantificación de estas funciones identificadas, debe ser consistente con el objetivo y alcance del estudio.

Una unidad funcional es una medida del desempeño de las salidas funcionales de un sistema producto. El propósito principal de una unidad funcional es proporcionar una referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizadas todas las entradas y salidas. Esta referencia es necesaria para asegurar la comparabilidad de los resultados del ACV, la cual es especialmente crítica cuando se analizan distintos sistemas para asegurar que tales comparaciones se hagan sobre una base común.

La unidad funcional se define a partir de las funciones que cumple el producto. Para una definición correcta, se siguen los siguientes pasos:

- 1) Identificación de las funciones del producto.
- 2) Selección de una función.
- 3) Determinación de la unidad funcional.
- 4) Identificación del desarrollo del producto.
- 5) Determinación del flujo de referencia.

Para definir la unidad funcional se deben tomar en cuenta aspectos como, la eficiencia del producto, la durabilidad del producto, y el estándar de calidad de desempeño. El carácter descriptivo de las respuestas a estas cuestiones representa un importante paso documental. En el informe se definen compromisos y responsabilidades para garantizar el empleo ético de los resultados, como también los niveles de accesibilidad de estos resultados.

Definir los límites del sistema.

Los límites del sistema determinan el alcance de la investigación y los procesos unitarios que deben ser incluidos dentro del ACV. En esta etapa deben quedar definidos los límites geográficos, temporales y las etapas que serán excluidas del análisis.

Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y limitaciones económicas y el destinatario previsto. La selección de las entradas y salidas, el nivel de agregación dentro de una categoría de datos y la modelación del sistema deben ser consistentes con el objetivo del estudio. El sistema debe modelarse de modo que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales. Los criterios usados para establecer los límites del sistema deben identificarse y justificarse en la fase de alcance del estudio.

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.

También es recomendable que los datos sean 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. Es conveniente igualmente utilizar datos de sitios específicos para los procesos unitarios que son considerados por tener emisiones vinculadas al medio ambiente.

2.3.2 – Etapa 2: Análisis de Inventario

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.

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. Las limitaciones prácticas en la obtención de los datos deben considerarse en el alcance y reflejarse en el informe.

C) Recolectar los datos

La compilación de los datos exige un conocimiento completo de cada proceso unitario. Para evitar los conteos dobles o los olvidos, la descripción de cada proceso unitario debe ser registrada. Esto implica una descripción cuantitativa y cualitativa de las entradas y de las salidas necesarias para determinar el inicio o el fin del proceso unitario, así como la función del proceso unitario. Cuando el proceso unitario tiene entradas múltiples (por ejemplo, entradas múltiples de efluentes hacia una instalación de tratamiento de agua) o salidas múltiples, los datos que conciernen a los procedimientos de asignación deben ser documentadas y comunicadas. Las entradas y salidas de energía deben ser cuantificadas en unidades de energía. En su caso, la masa o el volumen de combustible deben igualmente ser cuantificados en la medida de lo posible.

Para los datos compilados de documentos publicados que son significativos para las conclusiones del estudio, es necesario hacer referencia a los documentos publicados que dan precisiones sobre el procedimiento de compilación de los datos.

D) Construir los diagramas de procesos

Partiendo del principio que los procesos fluyen siempre a otros procesos o al entorno ambiental, trazar un diagrama de flujo inicial del proceso, permite que de forma gráfica se aprecien los flujos del sistema con todas sus entradas y salidas más relevantes, reuniéndose, de este modo, los datos necesarios. Se recomienda describir inicialmente cada proceso unitario para definir:

- Dónde comienza el proceso unitario, en términos de recepción de las materias primas o de los productos intermedios;
- La naturaleza de las transformaciones y operaciones que ocurren como parte del proceso unitario; y
- Dónde termina el proceso unitario, en términos del destino de los productos intermedios y finales.

Es conveniente decidir cuáles entradas y salidas de datos son trazadas a otros sistemas producto, incluyendo las decisiones acerca de las asignaciones. Se recomienda describir el sistema con suficiente detalle y claridad para permitir a otro realizador reproducir el inventario. Las principales categorías de entradas y de salidas cuantificadas para cada proceso unitario dentro de los límites del sistema son:

- 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.

Es conveniente considerar estas categorías de datos cuando se decide aquellas que serán utilizadas en el estudio además de detallar ampliamente las categorías de datos individuales para satisfacer el objetivo del estudio.

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, cuando son significativas, las emisiones fugitivas. Pueden ser utilizados parámetros indicadores, por ejemplo, demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

E) Procesar los datos.

Cuando se concluye la compilación de los datos, son necesarios procedimientos de cálculo con el fin de producir los resultados del inventario del modelo definido para cada proceso unitario y para la unidad funcional del sistema producto a modelar. A continuación se dan algunas consideraciones importantes sobre los procedimientos de cálculo:

- Los procedimientos de asignación son necesarios cuando se trabaja con sistemas que impliquen varios productos (ej. productos múltiples de la refinación de petróleo). Los flujos de materia y energía, así como las emisiones al ambiente asociadas deben asignarse a los diferentes productos de acuerdo con procedimientos claramente establecidos, que deben ser documentados y justificados.
- El cálculo del flujo de energía debería considerar los diferentes combustibles y fuentes de electricidad utilizados, la eficiencia de conversión y distribución del flujo de energía, así como las entradas y salidas asociadas a la generación y uso de dicho flujo de energía. Si no se conocen todos los datos del proceso se recomienda realizar balances de masa en cada etapa del proceso hasta contar con toda la información necesaria para el posterior desarrollo de la investigación.

2.3.3 – Etapa 3: Evaluación del impacto

Este tercer elemento del ACV, tiene por objetivo valorar los resultados del análisis del inventario del producto o servicio en cuestión, cuantificando los posibles impactos medioambientales. Consta de una fase técnica, considerada obligatoria por la metodología y, otra opcional (de carácter político), por parte del interesado del proyecto. Los resultados tienen un valor informativo añadido para la toma de decisiones.

Como puede observarse en la Figura 2.2, propuesta por la NC-ISO 14 042:2001, en esta fase de la metodología del ACV se identifica como obligatorio, cumplir los tres pasos siguientes: selección y definición de las categorías de impacto, incluyendo los indicadores de categoría y modelos de valoración utilizados; clasificación de los resultados del análisis del inventario conocido como la fase de clasificación y el cálculo de los indicadores de categoría, conociéndose este paso como caracterización. Todos estos elementos se describen de forma sintética a continuación, a la vez

que se muestran algunos modelos utilizados para el cálculo de los indicadores de categorías e impacto.

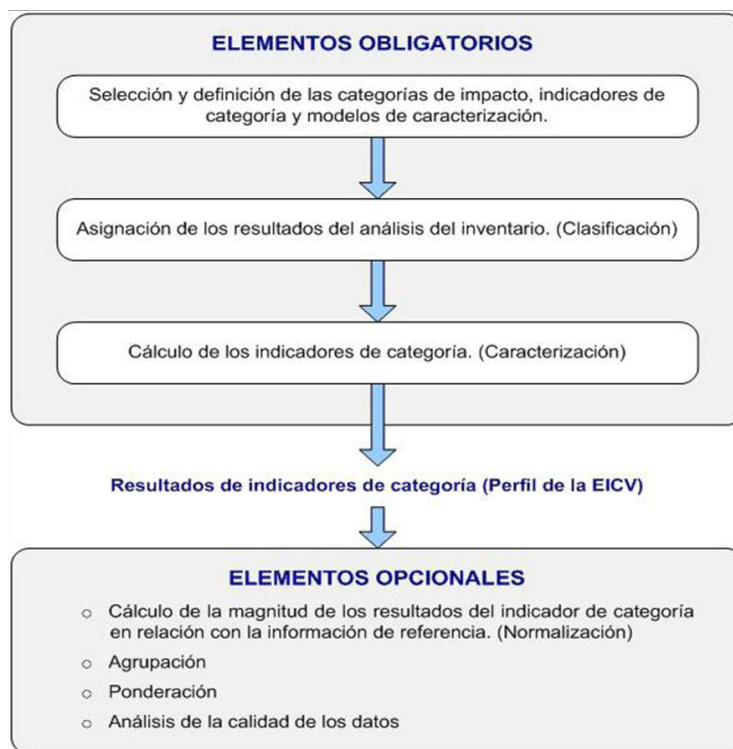


Figura 2.2 – Elementos que componen la valoración del impacto del ACV.

Fuente: (NC ISO 14 042: 2001)

Así mismo, con respecto a los elementos opcionales e informaciones, mientras sean optativos, también se hacen algunas consideraciones de importancia y pasos a seguir para su elaboración.

F) Definir categorías de impacto, indicadores de la categoría y modelos de estimación.

Estos efectos serán seleccionados y definidos teniendo en cuenta el potencial impacto que pueda generar el sistema o producto en estudio, de hecho, éstos son los objetivos y alcance del ACV.

Las categorías de impactos medioambientales se agrupan según parámetros asociados a los flujos de entrada y salida del sistema. Estas categorías, a su vez, tendrán distintos ámbitos de actuación: global, regional o local.

G) Clasificar resultados del análisis del inventario.

El procedimiento consiste en identificar y correlacionar todas las cargas ambientales a una o más categorías de impactos potenciales, es un procedimiento de rutina que se asigna a la totalidad de las cargas ambientales del sistema analizado.

La fase 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).

H) Calcular los indicadores de categoría.

El último paso a seguir se conoce como Caracterización, el cual se lleva a cabo mediante la aplicación de los factores de caracterización a fin de establecer el perfil medioambiental del sistema estudiado. Según la metodología, después de clasificada o asignada todas las cargas ambientales del sistema a determinadas categorías de impacto, seleccionadas según los objetivos del estudio, será necesario realizar la cuantificación de la referida categoría. Así, asignados (fase de clasificación del ACV) las sustancias contaminantes a un determinado modelo de categoría de impacto, todas las sustancias que contribuyen a esta categoría serán reducidas a una única sustancia de referencia y que servirá de base de agregación de todos los resultados en esta categoría de impacto.

En consecuencia, el resultado de la caracterización es la expresión de contribución a determinada categoría de impacto que, basándose en la cantidad de emisiones de sustancias equivalentes para cada categoría de impacto, miden la magnitud del impacto a través del producto entre la carga ambiental y el factor de caracterización correspondiente en aquella categoría de impacto que se desea o fue escogida para evaluar.

2.3.3.1 – Métodos para evaluar el impacto ambiental

En la investigación se procede a comparar tres métodos distintos para evaluar el impacto ambiental, con los cuales se realizará cada paso descrito anteriormente. Estas metodologías son: Ecoindicador 99, IMPACT 2002+ y Eco-Speed; estas metodologías están enfocadas a categorías de daño o puntos finales.

Eco-indicador

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. Objetivo principal: comparar las diferencias relativas entre sistemas y sus componentes.

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.

Caracterización

Multiplicación del factor de caracterización por el tamaño de la intervención (emisión, extracción, uso de suelo).

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

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 .

Normalización

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:

$$N = RI_{cat} / VR_{cat}$$

Donde:

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

VR_{cat} : 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.

Impact 2002+

Es una metodología originalmente desarrollada en el Instituto Suizo Federal de Tecnología, esta metodología propone una implementación factible de una aproximación combinada de categorías de punto intermedio y daños, vincula todos los tipos de resultados del inventario de ciclo de vida con cuatro daños de categorías (salud humana, calidad del ecosistema, cambio climático y recursos) a través de 14 puntos intermedios: efectos respiratorios, toxicidad humana, oxidación fotoquímica, deterioro de la capa de ozono, ecotoxicidad acuática y terrestre, acidificación, eutrofización, uso de la tierra, calentamiento global, extracción de minerales, energías no renovables, radiaciones ionizantes.

Caracterización Los factores de caracterización de daños pueden ser obtenidos al multiplicar el punto intermedio potencial de caracterización con los factores de caracterización de daño de las sustancias referenciadas.

Normalización

La idea de normalización es analizar la parte respectiva de cada impacto al daño total por aplicar factores de normalización a puntos intermedios o clases de impactos de daños para facilitar la interpretación. El factor normalizado es determinado por el radio de impacto por unidad de emisiones dividido por el total de impactos de todas las sustancias de la categoría específica para la cual existen factores de caracterización, por persona por año. La unidad de todos los factores de punto intermedio o daño normalizado es por lo tanto el número de personas equivalentes afectadas durante un año por unidad de emisión.

Eco-Speed

Este método presentado por MSc. Berlan Rodríguez Pérez, profesor de la Universidad de Cienfuegos, Cuba e investigador de la Red Cubana de Análisis de Ciclo de Vida. Utiliza funciones de velocidad de agotamiento en la mayoría de sus categorías de impacto, de ahí el nombre de Eco-velocidad. Otra de las características distintivas del método resulta la aplicación de técnicas de estimación para el completamiento de las categorías de impacto, incluyendo en ellas la mayor cantidad posible de sustancias identificadas por otros métodos como que afectan el mecanismo ambiental medido por la misma.

Caracterización

Eco-Speed cuenta con 3 categorías de daño, las que son afectadas por 13 categorías de impacto, la forma en que se relacionan se representa en la Figura 2.3. En general el basamento del método es utilizar funciones de agotamiento, donde los resultados sean adimensionales, utilizando una relación fraccionaria, donde el numerador representa el elemento a analizar y el denominador representa la cantidad disponible de ese elemento, de esta forma se considerarán entonces los impactos potenciales de cada elemento analizado, como se presentan a continuación para cada una de las categorías de daño y de impacto.



Figura 2.3 – Relaciones entre las categorías de Impacto y de daño en el método Eco-Speed.

Fuente: (Rodríguez, 2010).

Categoría de daño: Exterminación de la población (*Human Extermination*). Esta categoría de daño representa la cantidad de casos de problemas de salud, que probablemente se presenten en el horizonte de tiempo definido. Está determinado por la suma de los impactos potenciales que se generan por la emisión de sustancias carcinogénicas y no carcinogénicas al aire, agua o suelo.

Categoría de daño: Consumo de los recursos (*Resources Consumption*). Para el desarrollo de esta categoría se utilizaron las informaciones provistas por varios organismos internacionales, dedicados a la manipulación de datos estadísticos relacionados, entre ellos los más importantes consultados son: (*United Nations* 2010), (*DOE/EIA* 2009), (*Oficina Nacional de Estadísticas, Cuba* 2009) y (*EUROSTAT, European comision* 2008).

Categoría de daño: Contaminación de La Tierra (*Earth Contamination*). Esta categoría de daño se compone de la contaminación emitida a la tierra por los mecanismos ambientales de calentamiento global, capa de ozono y emisiones al suelo, agua y aire. Su evaluación está dada en los casos de la toxicidad, en funciones de afectación potencial y en los casos de capa de ozono y calentamiento

global, están dados en unidades de las sustancias de referencia, CFC-11 y CO₂ equivalentes. En el Anexo No. 7 se muestran las ecuaciones de cada categoría de daño y de impacto de este método.

2.3.4 – Etapa 4: Análisis de mejoras

El ACV se finaliza con el análisis de todos los datos finales con respecto a sus significados, incertidumbres y sensibilidad sobre los resultados parciales.

En esta última fase los resultados anteriores deben ser reunidos, estructurados y analizados. Aquí debe confeccionarse una estructura de análisis de los resultados, con un análisis de sensibilidad e incertidumbres, para que el conjunto de informaciones posibilite generar un informe con las conclusiones y recomendaciones, que pueda dar respuestas a las cuestiones que anticipadamente fueron definidas en los objetivos y alcance del estudio.

La interpretación es la fase de un ACV en la que se combinan los resultados del análisis del inventario con la evaluación del impacto, o en el caso de estudios de análisis del inventario del ciclo de vida, los resultados del análisis del inventario solamente, de acuerdo con el objetivo y alcance definidos, para llegar a conclusiones y recomendaciones.

Los resultados de esta interpretación pueden adquirir la forma de conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance del estudio.

La fase de interpretación puede abarcar el proceso iterativo de examen y revisión del alcance del ACV, así como la naturaleza y calidad de los datos obtenidos de acuerdo con el objetivo definido.

Aunque las acciones y decisiones subsecuentes pueden incorporar implicaciones ambientales identificadas en los resultados de la interpretación, se mantienen fuera del alcance del estudio de ACV, en tanto que otros factores, como la realización técnica y los aspectos económicos y sociales también se consideran.

I) Reporte y análisis de mejoras.

En el reporte de la investigación deben definirse:

- Principales emisiones y desechos producidos durante el proceso productivo.
- Posibles problemas ambientales potenciales.
- Soluciones dadas para la minimización o tratamiento de estos residuos y desechos.
- Verificación de la disminución del impacto.
- Análisis de la factibilidad técnica y económica de la propuesta de mejora, si es posible.

Conclusiones Parciales

1. Se hace una caracterización general, así como los antecedentes históricos de la empresa IDEAR de la provincia de Cienfuegos; definiéndose la visión y misión, y se muestra la matriz DAFO y cuadrante en el cual se encuentra enclavado la empresa.
2. La Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura no tiene concebido cómo cuantificar el impacto ambiental de sus proyectos, esto conduce a la necesidad de aplicar una metodología que ayude a diseñar proyectos de carácter medioambiental y sostenible. Utilizando para ello la metodología descrita, propuesta por la serie NC-ISO 14 040 y aplicando el software Sima pro 7.1.
3. Se consideran varios métodos de evaluación de impacto seleccionando Ecoindicador, Impact 2002+ y EcoSpeed por su adecuación para vincular categorías de impacto y daño en un amplio rango, y estar enfocados a puntos intermedios y finales.

Capítulo 3



Capítulo 3 – “Análisis de los resultados”

En este capítulo se aplica el procedimiento para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida de un proyecto de vivienda que se realiza en la empresa IDEAR de Cienfuegos; en el que se comparan diferentes métodos de evaluación ambiental, se cuantifican e identifican las categorías de impacto afectadas y se valoran variantes de mejora para la obra a ejecutar en la empresa objeto de estudio, comprobándose la factibilidad ambiental y económica de las mismas.

3.1 – Etapa 1: Definición de objetivos y alcance

3.1.1 – Objetivo del estudio

El presente estudio pretende evaluar el impacto ambiental del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional en la empresa IDEAR de la provincia de Cienfuegos. Para lo cual se plantean los siguientes objetivos:

1. Elaborar el inventario del ciclo de vida del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional de la empresa IDEAR de la provincia de Cienfuegos.
2. Identificar los principales impactos ambientales de dicha obra a lo largo de todo su ciclo de vida con el uso de tres métodos de punto final.
3. Proponer variantes de mejora ambiental y económica del proceso constructivo del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional.

3.1.2 – Alcance del estudio

Funciones del sistema

El destino final del producto será para consumo nacional. Los principales clientes son: MINTUR, MINBAS, UPIV, MINSAP, MINED, MES, MINFAR, MINCIN.

Unidad funcional

La unidad funcional del sistema analizado se define como la construcción de una edificación de dos apartamentos (biplanta de fabricación tradicional) en la que se establecen 3 fases durante la ejecución de la obra:

- Cimentación
- Construcción y montaje (Muros y cubiertas, Instalaciones Eléctricas, Hidráulicas, etc.)
- Acabados (Enchape, Repello, Carpintería, etc.)

Definición de los límites del sistema

Los límites del sistema están definidos por:

Límites geográficos

El Análisis de Ciclo de Vida realizado se limita a la ejecución de un proyecto constructivo ubicado en la avenida 36 entre las calles 59 y 61 en el Reparto Hermanas Giralt de la ciudad de Cienfuegos, específicamente destinado al MICONS-MININT en la parcela No.1 (biplanta de fabricación tradicional). En los Anexos No.8 y Anexo No.9 se muestran los planos frontal y superior del proyecto.

Límites temporales

El proyecto constructivo tendrá una duración estimada de 1 año y comenzará a ejecutarse en el 2011.

Etapas excluidas del análisis

Para este estudio quedan excluidas: las cargas ambientales relativas a la fabricación y mantenimiento de las maquinarias utilizadas en dicha obra, así como los diferentes tipos de vehículos de transporte (carga o pasajeros), instalaciones hidráulicas y eléctricas; centrándonos en la etapa de fabricación del producto con toda la disposición de los materiales.

Calidad de los datos

Los datos han sido recogidos de los departamentos, de marketing y de diseño de la empresa IDEAR; instalaciones específicas vinculadas a los procesos de desarrollo y negociación de proyectos constructivos. Se han seleccionado los procesos cuya contribución a los flujos de masa y energía se espera sean importantes y cuyas emisiones sean relevantes para el medio ambiente. Estos procesos son los incluidos durante la ejecución de la obra.

Este estudio se ha realizado utilizando una herramienta informática comercial denominada SimaPro 7.1. Esta es una herramienta desarrollada por *Pré Consultants* para el Análisis de Ciclo de Vida que analiza y compara los aspectos medioambientales de un producto de una manera sistemática siguiendo las recomendaciones de las normas ISO serie 14 040. Se utilizan bases de datos publicadas y disponibles en la herramienta informática SimaPro 7.1 para los procesos más comunes como combustibles y productos químicos. Las bases de datos usadas son: *Ecoinvent unit process*, ETH-ESU 96 y IDEMAT 2001.

3.2 – Etapa 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 y al agua. 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 No.10 se observa el listado de materiales que se utilizan en la construcción del Biplanta Tradicional.

El proyecto de vivienda (Biplanta Tradicional) se desarrollará orientado hacia la avenida 36, tomando como referencia para su línea de propiedad 6,25 m a partir del eje de la vía (avenida 36); limitando al norte con área libre, al sur con la avenida 36, al este, con la vivienda de parcela No. 2 y al oeste con la calle 59; específicamente en avenida 36 entre las calles 59 y 61 en el Reparto Hermanas Giralt de la ciudad de Cienfuegos, destinada a MICONS-MININT en la parcela No.1.

El área de terreno disponible está libre de construcción alguna y ubicada en la cota topográfica más alta dentro del conjunto de parcelas. De forma general en el área se dispone de los principales sistemas de redes técnicas necesarios para la instalación, a los cuales se valorará la conexión según disposiciones de la Microlocalización, capacidades de éstas e intereses de la inversión. El área propuesta cuenta con 20,00 m²; 10,00 m de frente y 20,00 m de profundidad.

Para la elaboración de este proyecto se tomaron como premisas de partida las Ideas preliminares, las consultas con los inversionistas, la documentación gráfica existente, incluyendo la Tarea Técnica o de Proyección, además de datos tomados en el lugar por los propios proyectistas.

El objetivo fundamental que se persigue con este proyecto es dar respuesta a las necesidades de viviendas por parte de la población, en este caso, trabajadores de los distintos Organismos o Empresas a los que fueron asignadas las mismas.

La edificación contará con dos viviendas iguales, distribuidas en los dos niveles. Su expresión arquitectónica buscará la sencillez y racionalidad sin por ello abandonar la elaboración del diseño exterior que logre una obra acabada y conceptualmente concebida haciendo uso de los preceptos de la eficiencia energética de la envolvente del edificio.

Se tratará de lograr cierto movimiento en su expresión volumétrica y de fachada, estas se concebirán estéticamente adecuadas, con áreas de balcón y terraza hacia las fachadas principales, así como el uso del portal.

En el diseño interior predominará la funcionalidad y racionalidad, evitando excesivos cruces en las circulaciones y logrando la privacidad requerida en los espacios que así lo requieran.

Cada vivienda contará con los siguientes espacios y áreas: portal, sala, cocina-comedor, dormitorio matrimonial, cuarto de estudio, closet vestidor, dormitorio doble, closet, baño, terraza, escalera, balcón.

Cimentación y estructura

La cimentación utilizada es profunda a base de pilotes fundidos en el lugar con diámetro de 800mm y una profundidad de 5m de longitud, dicha cimentación es similar a la de la vivienda de la Parcela #2, a la hora de realizar las perforaciones se solicitará la presencia de un especialista de la ENIA y el proyectista de ser necesario variará la longitud de los mismos.

Sobre los pilotes antes mencionados se colocará la zapata estructural de hormigón armado. Los muros del 1er y 2do nivel se amarrarán entre sí y estos llevarán un cerramiento perimetral de cierre en todo el contorno de los mismos.

La losa entrepiso será de hormigón armado de espesor 120 mm, en la zona de la terraza el nivel de la misma es más bajo para lograr enmascarar las salidas hidrosanitarias del baño y cocina.

La cubierta será de hormigón armado de espesor 120mm de igual manera y disposición que la del entrepiso sobre la que descansarán dos tanques de agua cuyas dimensiones y capacidades aparecen representadas en el plano de la especialidad de hidráulica.

En el portal tanto la losa entrepiso como la de la cubierta se apoyarán sobre una viga de sección variable en voladizo con una luz de 2 m y cuyas dimensiones aparecen representadas en el plano de estructura.

El muro frontal cuya altura se encuentra por encima de la losa de cubierta llevará refuerzos intermedios de hormigón armado así como una columna de hormigón armado en la zona hueca y un remate en su coronación. Las dimensiones y características de dichos elementos aparecen en el plano de detalle de escalera.

Ventilación e iluminación natural

Los espacios habitables en la vivienda (estar, comedor y dormitorio) tendrán ventilación natural directamente al exterior. Se permitirá que el resto de los espacios se ventilen a través de patios o ductos. No se admitirá la ventilación a través de pasillos interiores de circulación. El área de ventilación de los espacios (estar, comedor y dormitorios) debe ser como mínimo el 20% de su área útil.

Carpintería

Toda la carpintería será de aluminio, con posibilidades del uso de cristal. Se emplearán principalmente ventanas Miami, puertas lisas con perfiles de aluminio y tableros laminados en interiores y con chapas de aluminio para la carpintería de fachada.

Equipos sanitarios y accesorios

Serán de cerámica blanca tanto los muebles sanitarios como los accesorios.

Impermeabilización

La terminación de la cubierta será mediante mantas impermeables, para ello es necesario la limpieza de la misma ejecutando el enrajonado con pendientes mínimas del 3%.

Se le aplicará a la cubierta una primera mano de imprimante asfáltico esperando 24 horas para su secado, se colocará una capa de lamisfal en los puntos singulares, posteriormente se procederá a la colocación de una capa de lamisfal en toda el área y por último se colocará una manta impermeable con protección granular color rojo.

Debe dársele mantenimiento periódicamente a la cubierta, para evitar la acumulación de basura que pueda obstruir la salida del agua.

En el área de la base de los tanques de agua se impermeabilizará de forma tal que el agua no se acumule, dándole las pendientes desde el interior hacia el exterior de la base.

Se emplearán mantas asfálticas con protección granular para impermeabilizar la cubierta de la edificación.

Acabados

Los pisos interiores de la vivienda, serán de material durable, impermeable y de fácil limpieza (losa de baldosas de terrazo), en la poseta del baño se colocará un piso de gres cerámico antirresbalable para evitar caídas y resbalones. Todos los espacios llevarán rodapiés de una altura mínima de 0,07 m exceptuando las paredes de baño que el revestimiento llegará hasta el piso.

Los pisos exteriores del edificio deberán evitar la reflexión excesiva de los rayos solares, y con una superficie que contribuya a evitar caídas y que permita la evacuación adecuada de las aguas pluviales.

Los techos y paredes tendrán acabado liso y de colores claros. Se revestirán con losas de gres cerámico formato (20x20) color blanco las áreas de la meseta de la cocina y el patio de servicio así como el baño. En todos los remates de los enchapes se colocarán matajuntas plásticos, tanto en el baño como el revestimiento de la cocina como de la terraza. El acabado de lo que resta de las paredes deberá ser resistente a la humedad.

Pinturas

Se aplicarán a cada superficie las pinturas indicadas en los planos, siguiendo las especificaciones del fabricante en cuanto a cantidad de manos y tiempo de espera para repintar.

En el Anexo No. 11 se muestra el diagrama de flujo de las entradas y salidas que contiene el sistema constructivo.

3.3 – Etapa 3: Evaluación del impacto

En la Figura 3.1, 3.2 y 3.3 se muestra la evaluación de impacto ambiental, del ciclo de vida de la construcción del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional, con los métodos Eco-indicador, Impact 2002+ y Eco-Speed respectivamente, en los cuales se observa una diversidad entre los valores de las categorías.

En el método Eco-indicador, se obtienen valores entre 0 y 3500 Pt siendo las categorías de impacto más afectadas los minerales, el cambio climático y la respiración de sustancias inorgánicas y la categoría de daño a los recursos. Ver Anexo No.12.

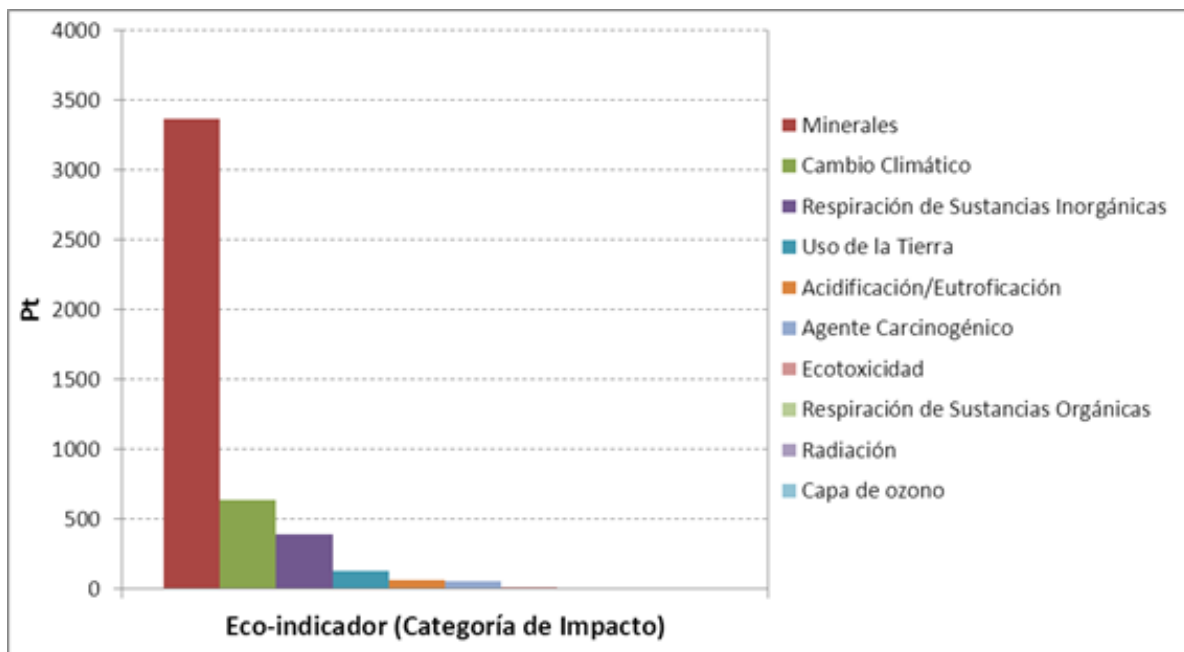


Figura 3.1 – Evaluación de impacto ambiental por categorías de impactos con el método Eco-indicador. **Fuente:** Elaboración Propia.

Con el método Impact 2002+ los valores oscilan entre 0 y 7 Pt, y las categorías de impacto más afectadas son calentamiento global, energía no-renovable y la respiración de sustancias inorgánicas y la categoría de daño cambio climático. Ver Anexo No.13.

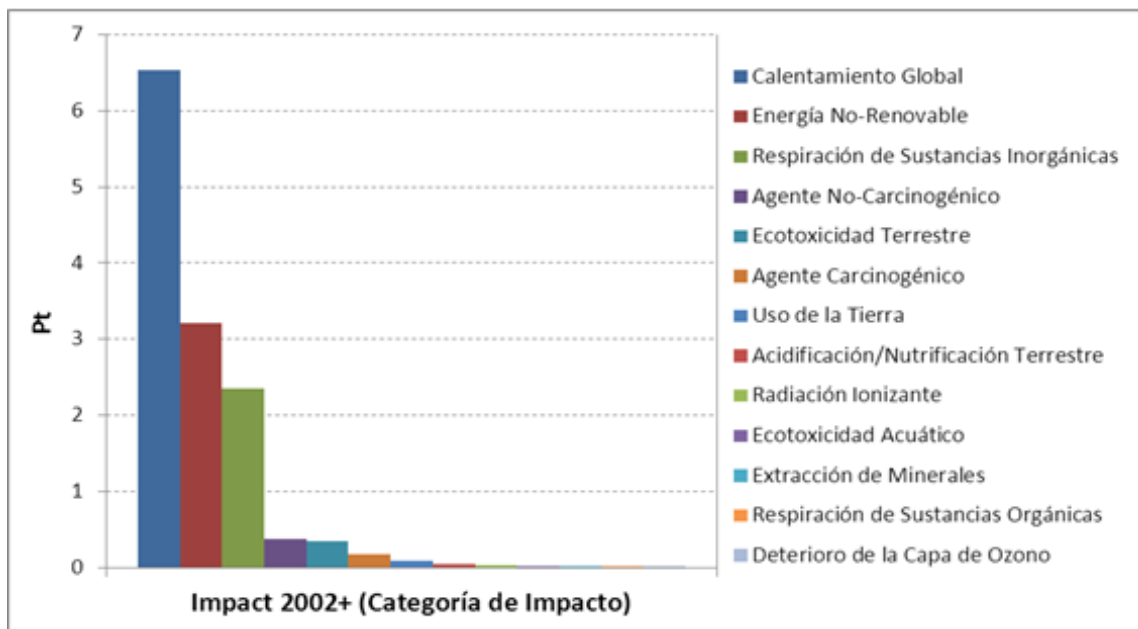


Figura 3.2 – Evaluación de impacto ambiental por categorías de impactos con el método Impact 2002+. **Fuente:** Elaboración Propia.

Con el método Eco-speed los valores están en nPt, y las categorías de impacto más afectadas son el uso de agua, el calentamiento global, los agente no-carcinogénico al aire y uso de energía, siendo la categoría de daño a los recursos la de mayor contribución. Ver Anexo No.14.

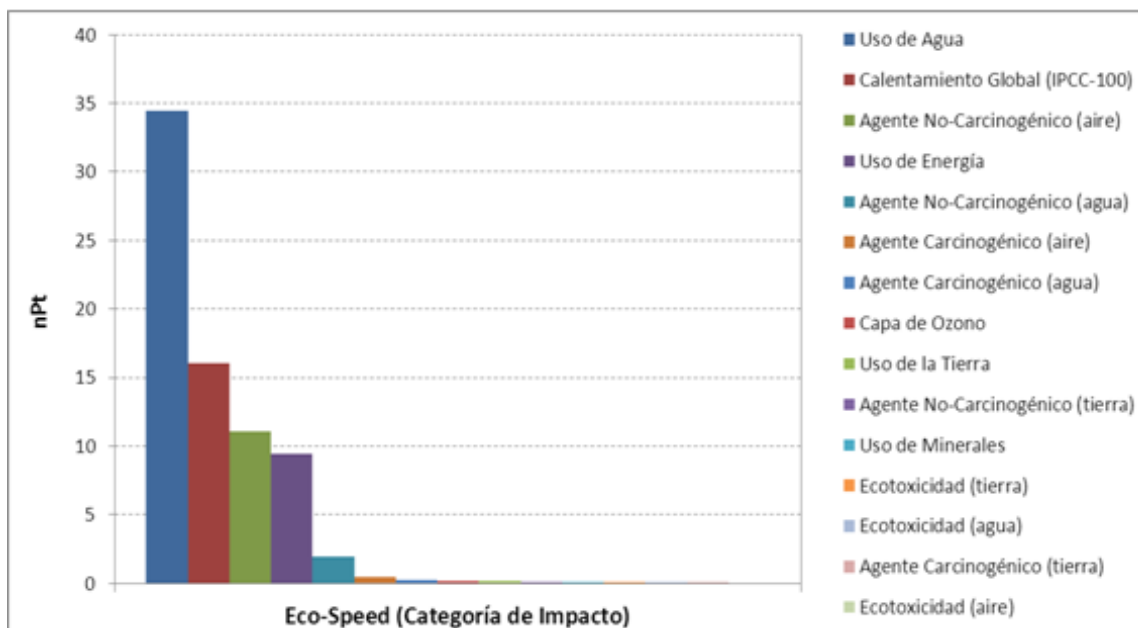


Figura 3.3 – Evaluación de impacto ambiental por categorías de impactos con el método Eco-Speed. **Fuente:** Elaboración Propia.

En la Figura 3.4 se representa la evaluación por categorías de daños para el método Eco-Speed, en la que se aprecia que el impacto sobre los recursos es doblemente mayor que el daño a las

categorías ecosistemas y salud humana, lo que está relacionado principalmente al uso de agua y energía.

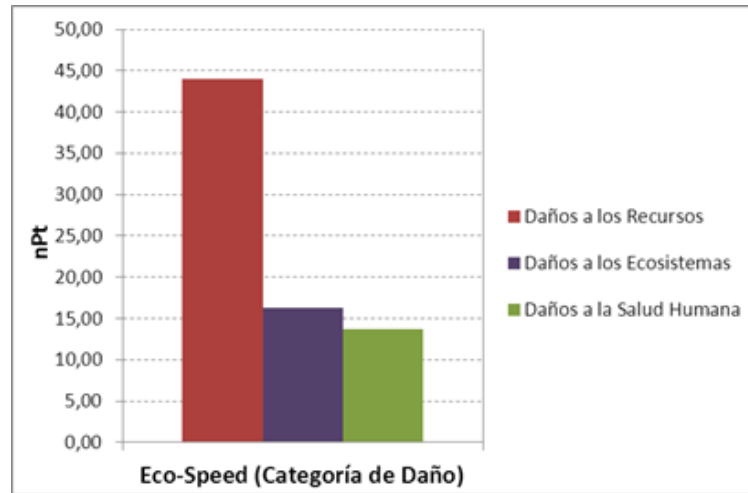


Figura 3.4 – Evaluación de impacto ambiental por categorías de daños con el método Eco-Speed.

Fuente: Elaboración Propia.

Estos resultados se deben a que el Eco-indicador es de Holanda, el Impact 2002+ es de Suiza y el Eco-Speed está conformado para el contexto cubano, además éste último permite un análisis más profundo al diferenciar la categoría de impacto agente carcinogénico en aire, agua y suelo, incluye la categoría de impacto uso del agua, y aplica técnicas de estimación para el completamiento de las categorías de impacto, incluyendo en ellas la mayor cantidad posible de sustancias que afectan el medio ambiente, de aquí se demuestran las ventajas del uso de este método en comparación con el resto y la necesidad de su aplicación para todos los estudios que se realicen de este tipo en Cuba.

Las categorías de impacto uso de agua y calentamiento global representan un 68,33% del impacto total, esto se debe a una huella hídrica de 344 644,59 m³ y una huella de carbono de 5 359,20 kg de CO₂ equivalente. En la Figura 3.5 se exponen las sustancias que contribuyen al calentamiento global, de las cuáles la emisión de dióxido de carbono (CO₂) es la más significativa en este estudio, con 2 819,44 kg de CO₂ equivalente.

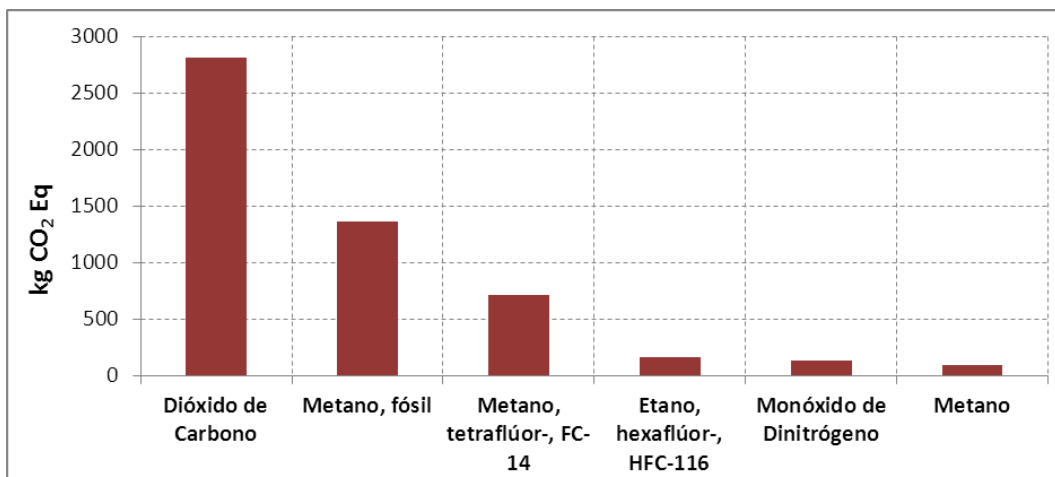


Figura 3.5 – Sustancias que contribuyen al calentamiento global. **Fuente:** Elaboración Propia.

El análisis del impacto ambiental con el método Eco-Speed de las materias primas utilizadas, con el uso de un gráfico de Pareto (ver Figura 3.6) permite determinar que los materiales más contaminantes son: puertas y ventanas de aluminio, baldosas de terrazo, cemento gris pp-250 y gravilla, los cuáles representan el 80% de la contaminación de este proyecto de fabricación.

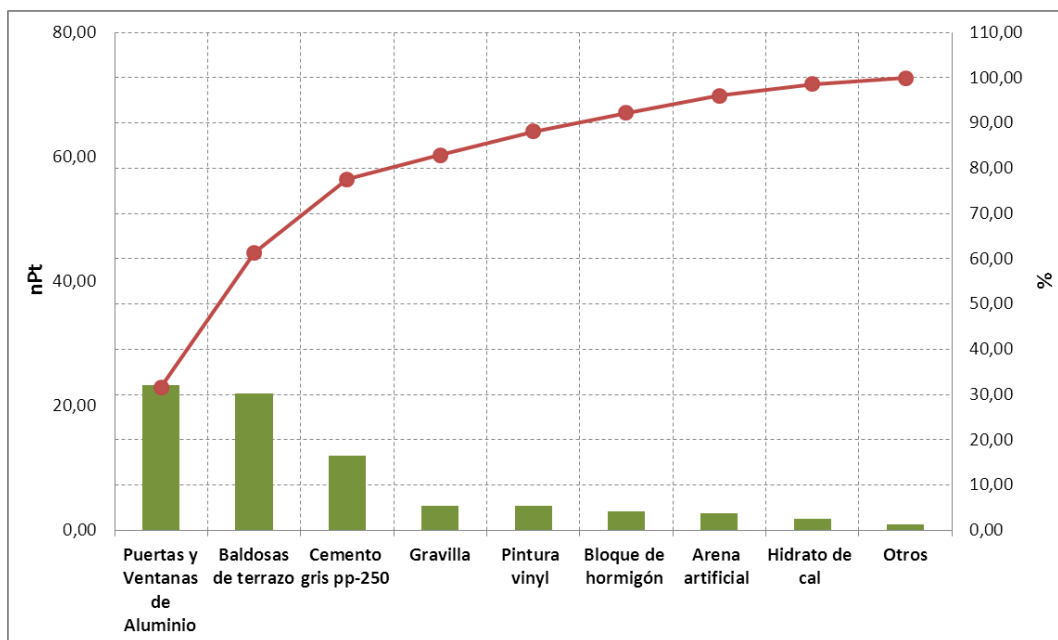


Figura 3.6 – Gráfico de Pareto del análisis del impacto ambiental de las materias primas utilizadas por el método Eco-Speed. **Fuente:** Elaboración Propia.

3.4 – Etapa 4: Análisis de mejoras

A partir del análisis anterior se plantean como variantes de mejora ambiental sustituir las puertas y ventanas de aluminio por puertas de cristal con el marco de aluminio, y ventanas de aluminio con persianas de cristal; cambiar las baldosas de terrazo por mosaicos; para reducir el consumo de

cemento, gravilla, arena y agua. También se reduce el consumo de pintura vinyl en un 14,81% al emplear un salpicado rústico en los exteriores de la vivienda; y se plantea la sustitución de bloques de hormigón por ladrillos de barro macizo con lo que también se disminuye el uso de cemento, arena y agua.

Se plantea la utilización de viguetas y bovedillas de poliestireno (aislante térmico) en la cubierta del biplanta, a pesar de ser este un material que presenta altos consumos de energía (68 000 MJ/t) comparado con el hormigón(12000 MJ/t),se consumen menos toneladas del primero lográndose disminuir el consumo de energía. En el Anexo No.15 se representa la tabla de los volúmenes de materiales con sus importes, usados para el Biplanta Tradicional Mejorado.

Con estas modificaciones se logra disminuir el impacto ambiental en un 33,80%, al disminuir la categoría uso de agua en un 53,36%, el calentamiento global en un 20,17%, uso de energía en un 33,39% y la categoría agentes no-carcinogénicos al aire en un 14,90% (ver Figura 3.7).

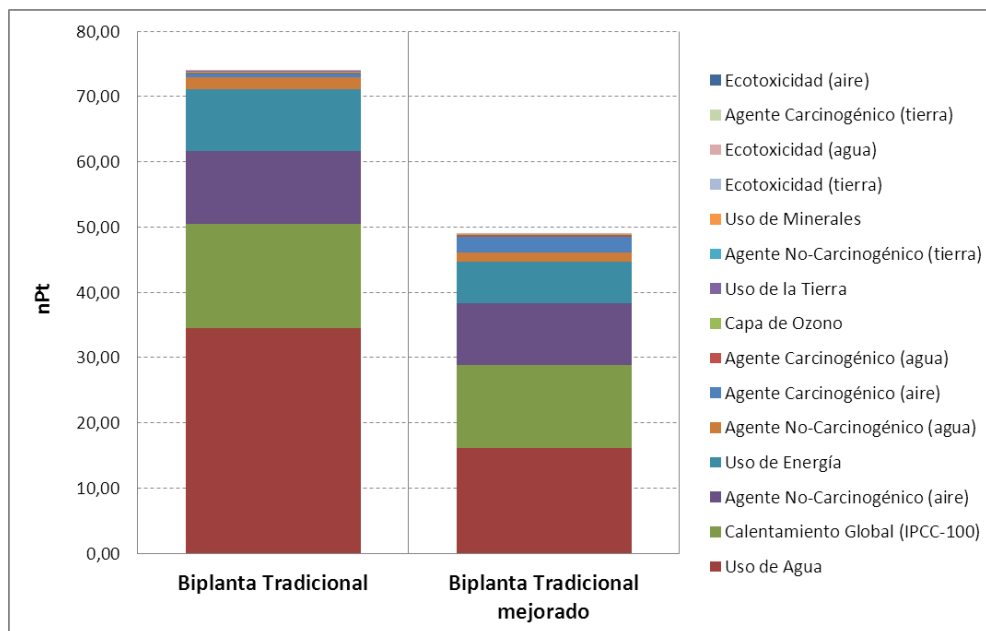


Figura 3.7 – Comparación entre el proyecto de vivienda actual y el mejorado por categorías de impacto por el método Eco-Speed. **Fuente:** Elaboración Propia.

A su vez, como se muestra en la Figura 3.8, disminuye el impacto a las categoría de daño: recursos en un 49,04%, ecosistemas en un 20,04% y la salud humana en un 1,18%. Ver Anexo No.16.

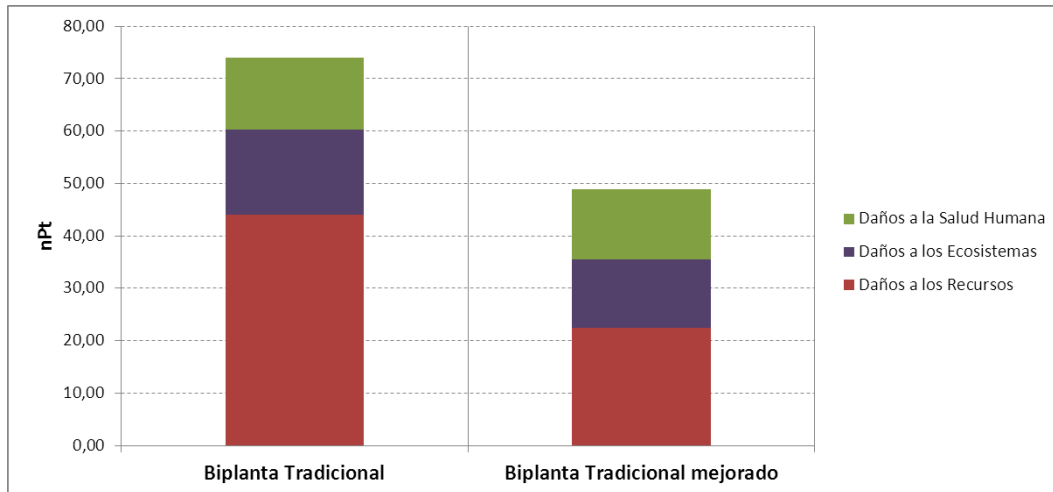


Figura 3.8– Comparación entre el proyecto de vivienda actual y el mejorado por categorías de daño por el método Eco-Speed. **Fuente:** Elaboración Propia.

Además se reduce la huella hídrica en un 53,36% y la huella de carbono en un 20,17%, datos que junto a los aportados anteriormente demuestran la factibilidad ambiental del proyecto de Biplanta Tradicional Mejorado con respecto al proyecto de Biplanta Tradicional.

Existe disponibilidad de estos materiales sustitutos (ladrillos de barro macizo, mosaicos, viguetas y bovedilla de poliestireno, puertas de cristal con el marco de aluminio, y ventanas de aluminio con persianas de cristal, etc.) ya que el Grupo Empresarial Industrial de la Construcción (GEICON), empresa con carácter provincial, cuenta con unidades de bases que producen estos materiales.

En la UEB Combinado de Cerámica Roja que se encuentra ubicada en el Municipio de Cienfuegos con dependencias en el Municipio de Abreus, se producen algunos materiales para la construcción de obras entre ellos el ladrillo macizo, obteniéndose a partir de procesos de preparación, moldeo, secado, cocción y enfriamiento de las arcillas de los yacimientos ubicados en la zona de Charco Soto y Simpatía.

En la UEB Combinado de Hormigón Cienfuegos ubicado en el Municipio de Cienfuegos se obtienen los Mosaicos de diferentes formatos y tipos, a partir de la utilización como materias primas fundamentales: el cemento, la arena, granito, polvo de piedra, acero y madera con tecnologías tradicionales.

En la empresa MICALUM de la provincia de Cienfuegos se obtiene las puertas de cristal con el marco de aluminio, y ventanas de aluminio con persianas de cristal necesarias para la sustitución de las puertas y ventanas de aluminio que presenta el proyecto de vivienda Biplanta Tradicional.

Análisis económico

Con las propuestas antes mencionadas se logra disminuir el presupuesto de fabricación de la vivienda; pues se ahorran unos \$3631,97 con el proyecto Biplanta Tradicional Mejorado respecto al Biplanta Tradicional. En la Figura 3.9 se representa un gráfico comparativo entre los costos totales y en el Anexo No. 17 se observan los valores de los gastos por operaciones de los proyectos Biplanta Tradicional y Biplanta Tradicional Mejorado.

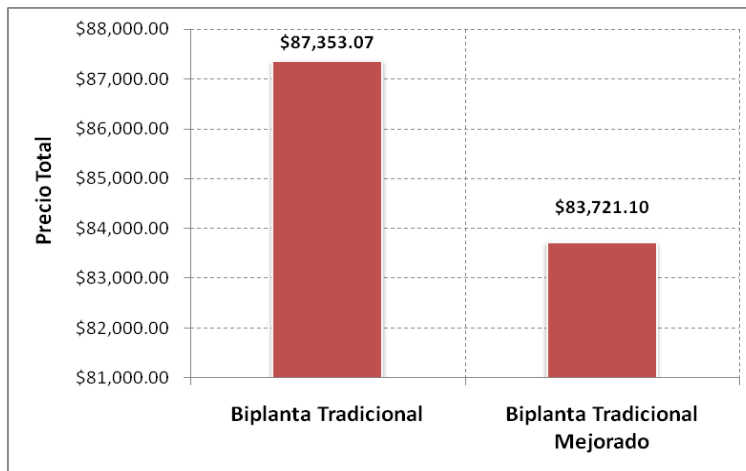


Figura 3.9 – Gráfico comparativo entre lo costos totales de los proyectos de viviendas Biplanta Tradicional y Biplanta Tradicional mejorado. **Fuente:** Elaboración Propia.

Otras medidas a tener en cuenta

- En las etapas de inversión y proyecto:

Estudiar las características y valores naturales del sitio donde se ejecutará la obra, profundizando en los estudios de la línea base ambiental para las propuestas de soluciones desde el inicio de la concepción del proyecto.

Profundizar en el conocimiento de la ecología terrestre del lugar para proponer proyectos de áreas exteriores y paisajismo ambientalmente sustentables y compatibles con la protección de la biodiversidad.

Diseñar edificios bioclimáticos y energéticamente eficientes, con el empleo de sistemas de ventilación e iluminación integrados que utilicen al máximo los medios naturales; hacer una selección adecuada de los materiales desde el punto de vista térmico y la protección solar con el objetivo de minimizar las cargas térmicas.

Lograr la racionalidad funcional, estética y ambiental de las soluciones urbanísticas, de redes exteriores (viales, agua, alcantarillado, drenaje y electricidad), áreas exteriores y paisajismo.

Diseñar soluciones idóneas de tratamiento y disposición final de residuales líquidos y sólidos.

Hacer un diseño racional de las investigaciones de suelo, utilizando la información de archivo disponible y la utilización de métodos indirectos.

Incluir en el proyecto los criterios de prevención de desastres naturales y tecnológicos.

Utilizar equipos de perforación, movimiento de tierra e IZAJE de menor tamaño.

Reducir los movimientos de tierra a las zonas de implantación de cada edificio.

Responsable: Empresa IDEAR

- En las etapas de investigación de suelos y ejecución de obras:

Evitar las obstrucciones a los flujos acuíferos, evitar la contaminación de las aguas dando adecuada protección a las calas perforadas.

Evitar los derrames de combustible, aceites y otros contaminantes.

Proteger, conservar y restituir la capa vegetal al realizar los movimientos de tierra.

Evitar la contaminación del aire por ruido, polvo y emisiones de gases, en especial en construcciones que se realicen dentro de la trama urbana, o aledañas a otras instalaciones existentes en funcionamiento.

Utilizar racionalmente los materiales de construcción, en especial el cemento, el acero y los áridos, así como los equipos de construcción y transporte.

Realizar una clasificación adecuada de los residuos y escombros de edificaciones, que permita su reutilización o reciclaje o, en caso de que esto no sea posible, prever su disposición final en vertederos debidamente autorizados por la autoridad ambiental local.

Responsable: Empresa Constructora

- En la producción de materiales de la construcción:

- Para minimizar la contaminación atmosférica:

Instalar sistemas de captación de polvo y restauración de los existentes en las producciones de asbesto-cemento, yeso, cal, caolín y feldespatos logrando, en el caso del asbesto, reducir el polvo en las zonas de trabajo a una fibra/cm³.

Adoptar las medidas que se requieran para atenuar o eliminar el impacto causado por los gases de combustión del fuel-oil o del crudo cubano.

Realizar estudios para la reutilización de los polvos resultantes de la captación de polvo, principalmente de cemento, lo cual por su magnitud, tiene un efecto económico.

Restaurar e instalar sistemas de captación de virutas en las carpinterías de madera.

- Para minimizar la contaminación de las aguas:

Lograr un efectivo funcionamiento de los sistemas de recuperación de aguas tecnológicas donde existan y ejecutar la inversión de decantadores donde sea necesario.

Realizar estudios para la reutilización de los residuales sólidos resultantes de la recuperación del agua tecnológica en las producciones de áridos, mármoles, baldosas, asbesto-cemento y caolín.

Ejecutar inversiones para detener el envío de lubricantes y combustibles hacia las aguas.

- Para minimizar la afectación a los suelos:

Realizar la reforestación de las áreas en explotación tan pronto se agoten los yacimientos.

Rellenar las áreas mineras, colocándole tierra vegetal, a fin de hacerlas cultivables.

Responsable: Empresa de Materiales de la Construcción

➤ En otras actividades de apoyo a la construcción:

Evitar la contaminación del aire, aguas, suelo y subsuelo por emisiones, derrames y acumulación de gases, residuales líquidos o desechos sólidos.

Hacer un uso racional de los portadores energéticos, agua, materiales e insumos y propiciar el reuso y reciclado de materiales.

Responsable: Empresa Constructora, Centro de Estudios Ambientales

➤ En actividades de educación ambiental:

Introducir la dimensión ambiental en todas las actividades de la construcción a partir de las acciones de divulgación y capacitación ambiental correspondientes.

Fomentar en la conciencia de las organizaciones que contribuyan en el proceso de realización de determinado proyecto constructivo el respeto al medio ambiente

Responsable: Centro de Estudios Ambientales, Ministerio de Educación

Conclusiones Parciales

1. Se definieron los objetivos y alcance enfocados hacia evaluar los impactos ambientales del ciclo de vida del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional, y valorar variantes ambientales que minimicen estos impactos negativos.
2. Se elaboró el inventario del ciclo de vida del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional, con las entradas (materias primas) y salidas (emisiones al medioambiente) que presenta.
3. Se compararon tres métodos de evaluación de impacto de punto final concluyendo que el método Eco-Speed es el más apropiado, por estar conformado para el contexto cubano vincularlas, realiza un análisis más profundo de la categoría de impacto agente carcinogénico, incluye la categoría de impacto uso del agua y aplica técnicas de estimación para el completamiento de las categorías.
4. Se identificaron que las materias primas que presentan una mayor contribución de emisiones al medio ambiente son el uso de puertas y ventanas de aluminio, baldosas de terrazo, cemento gris pp-250 y gravilla, las cuáles representan el 80% de la contaminación de este proyecto de fabricación, siendo las categorías uso de agua, calentamiento global, agente no-carcinogénico al aire y uso de energía las más afectadas.
5. Se determinó que el ciclo de vida de este proyecto tiene una huella hídrica de 344 644,59 m³ y una huella de carbono de 5 359,20 kg de CO₂ equivalente, siendo la emisión de dióxido de carbono (CO₂) la más significativa dentro de las sustancias que contribuyen al calentamiento global, con 2 819,44 kg de CO₂ equivalente.
6. Con las variantes de mejora ambiental que se proponen en esta investigación, se logra disminuir el impacto ambiental en un 33,80% y se ahorran \$ 3631,98, además se reduce la huella hídrica en un 53,36% y la huella de carbono en un 20,17%, demostrándose así la factibilidad económica y ambiental de las mismas.

Conclusiones



Conclusiones Generales

1. Se elaboró el inventario del ciclo de vida del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional, con las entradas (materias primas) y salidas (emisiones al medioambiente) que presenta.
2. Se identificaron que las materias primas que presentan una mayor contribución de emisiones al medio ambiente son el uso de puertas y ventanas de aluminio, baldosas de terrazo, cemento gris pp-250 y gravilla, las cuáles representan el 80% de la contaminación de este proyecto de fabricación, siendo las categorías uso de agua, calentamiento global, agente no-carcinogénico al aire y uso de energía las más afectadas.
3. Se determinó que el ciclo de vida de este proyecto tiene una huella hídrica de 344 644,59 m³ y una huella de carbono de 5 359,20 kg de CO₂ equivalente, siendo la emisión de dióxido de carbono (CO₂) la más significativa dentro de las sustancias que contribuyen al calentamiento global, con 2 819,44 kg de CO₂ equivalente.
4. Con las variantes de mejora ambiental que se proponen en esta investigación, se logra disminuir el impacto ambiental en un 33,80% y se ahorran \$ 3631,98, además se reduce la huella hídrica en un 53,36% y la huella de carbono en un 20,17%, demostrándose así la factibilidad económica y ambiental de las mismas.

Recomendaciones



Recomendaciones

1. Discutir los resultados del estudio con la Dirección de la Empresa IDEAR y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medioambiente a fin de que se lleven a cabo las propuestas analizadas y el resto de las medidas.
2. Gestionar, con el Centro de Estudios Ambientales, mediciones de los efectos de la mejora con instrumentos de monitoreo del aire, agua y suelo, siguiendo las normas vigentes al respecto.
3. Continuar la valoración ambiental, técnica y económica de otras soluciones de mejora propuestas que contribuirán a disminuir el impacto negativo de este proyecto de vivienda, al medioambiente.
4. Aplicar el procedimiento realizado según la serie de normas NC-ISO 14 040 a otros proyectos de construcción que se realicen en la empresa, para minimizar las cargas ambientales durante la ejecución de una obra constructiva.

Bibliografia



Bibliografía

- Alfonso, Alfonso. (2000). Diseño de viviendas y aprovechamiento material. Presented at the Taller Internacional sobre Vivienda Popular y de Interés social, VIPO 2000, Camagüey: Universidad de Camagüey.
- Alías, H. M., & Guillermo, José. (2007). Construcción sostenible. Materiales de construcción energética y ambientalmente eficientes en el nordeste de Argentina. Retrieved from <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n35/ahali.html>.
- Ángel, A. (2005). Los sistemas de gestión medioambiental en la empresa (SGMA). Retrieved from [http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2005%20SGMA%20\(nuevo%202003-04\).pdf](http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2005%20SGMA%20(nuevo%202003-04).pdf).
- Arango, C. (2007). Materiales para la construcción sostenible. Retrieved from http://www2.csostenible.net/es_es/tclave/materiales/construccion/Pages/subhome.aspx.
- Arena, A. Pablo. (2006, Agosto). Aplicación del Análisis de Ciclo de vida para el diseño sustentable en la construcción. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable Centro Metropolitano de Diseño. Argentina.
- Bakeas, S. M. (2006). Análisis de Ciclo de Vida. Retrieved from www.bakeas.org www.compraverde.org.
- Baumann, H. (2004). *The Hitch Hiker's Guide to LCA*. Lund. Suecia: Studentlitteratur AB.
- Buruaga, Sáenz de. (1996). Análisis de ciclo de vida para la reducción de impactos medioambientales generados por el sector agroalimentario Vasco". *Revista .Agroalimentaria*, 49, 48-50.
- Cardim, A. (2001). Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento – Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Retrieved from <http://www.icce.es/icce/articulo29.htm>.
- Colectivo de Autores. (2010). Use of the life-cycle assessment (LCA) toolbox for an environmental evaluation of production processes.

- Colectivo de Autores. (2005). Life Cycle Assessment for Emerging Technologies: Case Studies for Photovoltaic and Wind Power. *The International Journal of Life Cycle Assessment. Article*, 10(1), 24-34.
- Colectivo de Autores. (1999). Life Cycle Assessment and Conceptually Related Programmes. SETAC (Europe Working Group),
- Colectivo de Autores. (2001). Guía Metodológica Estudio de Ciclo de Vida. Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. Proyecto minimización de Residuos provenientes de Embalajes.
- Colectivo de Autores. (1999). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Principios y Estructura. NC-ISO 14 040, La Habana.
- Colectivo de Autores. (2001a). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida. NC-ISO 14 043, La Habana.
- Colectivo de Autores. (2001b). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida. NC-ISO 14 042, La Habana.
- Colectivo de Autores. (2000a). Gestión ambiental. Análisis del ciclo de vida. Definición del objetivo y alcance, y análisis del inventario. NC-ISO 14 041, La Habana.
- Colectivo de Autores. (2000b). A Guide to Approaches, Experiences and Information Sources. Environmental. Christiansen. *European Environment Agency. Life Cycle Assessment*, (6), 13-15.
- Colectivo de Autores. (1993). *A Conceptual Framework for Life-Cycle Impacts Assessment - Guidelines for Life-Cycle Assessment*. Bruselas: Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC),
- Conesa, V., & Fernández, V., (2005). Los sistemas de gestión medioambiental en la empresa (SGMA). Retrieved from [http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2005%20SGMA%20\(nuevo%202003-04\).pdf](http://www.uv.es/villalba/politicamed/Tema%2005%20SGMA%20(nuevo%202003-04).pdf).
- Cordero, Pérez, (2010). Análisis de Ciclo de Vida de la producción de azúcar en la provincia de Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos.

- Chacón, J.R. (2008). Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida. Retrieved from www.escuelaing.edu.co/.../3_historia_ampliada_comentada_análisis_ciclo_vidapdf
- Chiribao, T., Giorello, N., & Silveira, A.C. (2009). Ciclo de vida de los materiales para construcción. Construcción III.
- Díaz, M. (2009). *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de alcohol: ejemplo de caso ALFICSA*. Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos. "Carlos Rafael Rodríguez".
- Domínguez, E. R., & Mireya, G. (2008). Modelación avanzada de Análisis de ciclo de vida. Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.
- Espí, J. A., & Eduardo, S. (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. Retrieved from <http://www.biohaus.es/>.
- García, N. (2009). Cuba a la vanguardia en el uso de la metodología Análisis del Ciclo de Vida. Retrieved from <http://emba.cubaminrex.cu/Default.aspx?tabid=26290>.
- Iglesias, D.H. (2005). Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario. Retrieved from <http://www.eumed.net/ce/2005/dhi-acv.pdf>.
- Jolliet, O., & Manuele, M. (2009). IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. Retrieved from <http://www.scientificjournals.com/sj/lca/Pdf/ald/6237>.
- Josa, A., Cardim A., Aguado, A., & Gettu, R. (1999). Considerations in the life assessment of precast concrete products. Products. In Venezia.
- Jungbluth, Christian Bauer, Dones, Roberto, & Frischknecht, Rolf. (n.d.). Ciencias Medioambientales y de la tierra.
- Klees, Delia R., & Coccato, Cecilia A. (2005). *Ciclo de vida sostenible de los materiales de construcción*. Argentina: UNNE. Chaco.
- Klees, Delia R., & Coccato, Cecilia A. (2003). *Ciclo de vida sostenible de los materiales de construcción* (Vol. 1). Argentina: UNNE. Chaco.

- León Rodríguez, Rosa María. (2010). *Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de la Producción de Cemento: Caso de Estudio Cemento S.A.* Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos. "Carlos Rafael Rodríguez".
- López Hernández, Llenia. (2009). *Evaluación del Impacto Ambiental del Proyecto Grupo de Electrógeno de Cruces con enfoque de Análisis de Ciclo de Vida en la Empresa de Ingeniería Diseño y Arquitectura de Cienfuegos.* Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos. "Carlos Rafael Rodríguez".
- Llanes Cedeño, Edilberto Antonio, & Sarria López, Bienvenido, L. B. E. (2006). Metodología para la determinación de los Impactos Ambientales. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 15(003), 60-64.
- Llanes Pérez, Marietta. (2006). *Método de evolución de Soluciones constructivas para viviendas. Caso de estudio: Inserción de edificios de viviendas en zonas centrales compactas de Ciudad de La Habana.* Tesis de Doctorado. La Habana, Cuba.
- Marsmann, Manfred. (2000). The ISO 14040. *Family International Journal of Life Cycle Assessment*, 5, 317-318.
- Moya Gessa, Didiet. (2010). *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la mejora de la producción de harina de trigo.* Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos. "Carlos Rafael Rodríguez".
- Narayanaswamy, V., Altham, W., & Van Berkel, R. (2003). Methodological Framework for Application of Environmental Life Cycle Assessment. LCA.
- Pérez Martínez, Dulce María, Domínguez, Elena Rosa, Contreras, Ana Margarita. (2010). *Revista ATAC*, 71(2), 17-22.
- Peña, C. (2008). Hitos en la evolución de la industria en el mundo. Innova Minería. Retrieved from <http://www.innovamineria.cl> 07/02.
- Pilar de Zalazar, C., & Jacobo, G. (2000). *Desarrollo de criterios e indicadores ambientales para la construcción en la región NEA Hacia una Arquitectura Sostenible.* Argentina: Instituto de Investigación Tecnológico para el Diseño Ambiental del Hábitat Humano.

- Prando, Raúl R. (2000). *Manual de Gestión de la Calidad Ambiental*. Uruguay: UNIT.
- Puppán, D. (2002). *Environmental evaluation of biofuels*. Hungría: Department of Environmental Economics, Budapest University of Technology and Economics.
- Renouf, M. (2009). LCA of Queensland cane sugar - lesson for the application of LCA to cropping systems in Australia. School of Geography, Planning and Architecture, The University of Queensland, Cooperative Research Center for Sugar Industry Innovation through Biotechnology.
- Rodríguez Pérez, Berlan. (2007). Análisis de distintas herramientas informáticas para el análisis del ciclo de vida.
- Rodríguez, B. (2010). Descripción de Método Eco-Speed.
- Rodríguez, M., & Espinoza, G. (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe Evolución, tendencias y principales prácticas. Retrieved from <http://www.iadb.org/sds/doc/Capitulo2.pdf>.
- Romero, B.I. (2003). El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. Retrieved from www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf.
- Romero, Francisco. (2004). *Inventario de las Principales Tecnologías Constructivas de Reciente Introducción para el Programa de Turismo en Cuba*. Trabajo de Diploma, ISPJAE.
- Schmidt, M. (2002). Secondary Fuels and Raw Materials for Cement. Benefit for the environment and cost reduction. Santa Clara.
- Stulz, Roland. (2004). *Appropriate Building Materials*. Suiza: SKAT.
- Suppen, N. (2005). LCA Association in Latin America. International. *Journal of Life Cycle Assessment*.
- Suppen, N. (2009). Análisis de ciclo de vida en la industria del petróleo en América Latina: Retos y Oportunidades.
- Suppen, N., & Suppen, B. (2007). Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño. Retrieved from www.lcamexico.com.

- Suppen, N., (2006). Environmental Management and Life Cycle Approaches in the Mexican Mining Industry. *Journal of Cleaner Production*.
- Sylph, J. (2005). Corporate Sustainable Management and Environmental. *Corporate Sustainable Management and Environmental*.
- Toscano Machado, Eulalio A. (2008). *Gestión de la ciencia y tecnología para el reciclado de los desechos sólidos en la construcción*. Tesis de Maestría, UCLV.
- Trusty, W.B., & Meil, J.K. (1999). Building Life Cycle Assessment.
- Velásquez, A. J. (2002). *Procedimiento para la evaluación de proyectos de viviendas con criterios de sustentabilidad*. Tesis de Doctorado, UCLV.
- Wegener, A., (2003). Risk Assessment and Life-cycle Assessment. Fundamentally Different yet Reconcilable.
- Zorrilla, Anielsys, & Haward, Wells. (2004). *Soluciones volumétrico-espaciales para nuevos edificios de viviendas a insertar en zonas centrales de la Ciudad de La Habana*. Trabajo de Diploma, ISPJAE.

Anexos



Anexo No. 1 – Aspectos generales de las herramientas para la gestión ambiental.

Fuente: (Cardim, 2001).

Herramientas	Objetivos generales	Puntos fuertes	Puntos débiles
Riesgo Ambiental (RA)	Valorar los efectos adversos asociados a una situación específica de riesgo y sus interrelaciones con la salud humana y el medio ambiente.	Evalúa los efectos locales y regionales bajo condiciones específicas.	Es capaz de consumir mucho tiempo y recursos. No es capaz de apuntar la ubicación del riesgo a lo largo del ciclo de vida.
Estudio del Impacto Ambiental (EIA)	Evaluar los impactos positivos y negativos sobre el medio ambiente de un determinado proyecto planteado.	Calcula tanto efectos positivos como negativos. Considera los impactos locales de un proyecto.	No es capaz de apuntar fácilmente la ubicación de un efecto global / regional o otros efectos a lo largo del ciclo de vida.
Auditoría Ambiental (AA)	Verificar la conformidad con determinados requisitos normativos vigentes, por medio de chequeo realizado por tercera parte.	Proporciona una manera para que una tercera parte, independiente, compruebe los resultados.	Enfoca una conformidad y enfatiza en término medio de más débil que de mejoría.
Evaluación del Comportamiento Ambiental (ECA)	Proporcionar una información fiable, objetiva y comprobable a cerca del desempeño medioambiental de una determinada organización.	Promociona coeficientes de desempeño medioambiental asociándolos a políticas objetivas y metas preestablecidas.	Promociona coeficientes de desempeños relativos y no absolutos.
Análisis del Flujo de Sustancias (AFS)	Contabilizar el suministro y la demanda de una sustancia específica que fluye a través del proceso de producción.	Toma en consideración un impacto potencial determinado a lo largo del ciclo de vida.	El enfoque sobre una única sustancia puede apuntar falsos resultados.

Anexo No. 1 – Aspectos generales de las herramientas para la gestión ambiental. (Continuación).

Fuente: (Cardim, 2001).

Herramientas	Objetivos generales	Puntos fuertes	Puntos débiles
Análisis de Material y Energía (AME)	Calcular el balance energético y material asociado con una operación específica.	Promociona una vía estructurada de identificación y valoración de un impacto potencial de operaciones, etc.	Enfoca solamente una fases del ciclo de vida.
Gestión Integral de Sustancias (GIS)	Calcular y reducir globalmente el impacto medioambiental de una determinada sustancia asociada.	Permite hacer consideraciones integradas entre económicas y medioambientales en una misma herramienta.	Emplea una valoración simplificada que puede dar respuestas demasiado simplificadas.
Análisis de Línea de Producto (ALP)	Evaluar potencialmente el impacto medioambiental, social y económico de un bien o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida.	Integra aspectos medioambientales, económicos y sociales dentro de una solo herramienta.	No puede valorar específicamente impactos locales.
Análisis del Ciclo de Vida (ACV)	Entender el perfil medioambiental de un sistema. Identificar prioridad de mejoras. Asegurar mejoras con fundamento en el ciclo de vida.	Considera impactos global y regional. Posibilita estimar los impactos que en términos influyen la salud de la sociedad.	No es capaz de apuntar el carácter temporal o espacial de un determinado efecto.

Anexo No.2 – Cronología del desarrollo del Análisis del Ciclo de Vida. Fuente: (Díaz, 2009).

Año	Acontecimiento
1969	Harry E. Teasley, de Coca Cola, visualiza un estudio que pueda cuantificar la energía, materiales y consecuencias ambientales a lo largo del ciclo de vida completo del empaque, desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final. (Hunt y Franklin, 1996).
1970	El <i>Midwest Research Institute</i> (MRI) desarrolla un estudio ancestro de los Análisis del Ciclo de Vida, el que se llama “ <i>Resources and Environmental Profile Analysis (REPA)</i> ”, donde se analizan diferentes embases, para <i>Coca Cola Company</i> (Hunt y Franklin, 1996).
1971	El segundo REPA realizado por MRI es para <i>Mobil Chemical Company</i> , se analizan las charolas de espuma de poliestireno y las charolas de pulpa de papel (Hunt y Franklin, 1996).
1972-1976	Se publican largas porciones de las bases de datos y se describe la metodología de los REPA (Franklin y Hunt, 1972; Hunt y Franklin, 1973; Hunt y Welch, 1974; Cross et al., 1974 y Hunt y Franklin, 1976).
1974	La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos publica el reporte “ <i>Resource and Environmental Profile Analysis of Nine Beverage Container Alternatives</i> ”, que marca la entrada de los REPA dentro del dominio público (Hunt y Franklin, 1974).
1975	El sector público pierde interés en los REPA pero se realizan muchos estudios confidenciales para compañías particulares (Bider, et al., 1980)
1979	En Reino Unido, Ian Boustead publica el “ <i>Handbook of Industrial Energy Analysis</i> ” (Astrup, et al., 1997).
1980	Se publica un reporte por el <i>Solar Energy Research Institute</i> en los Estados Unidos (Bider, et al., 1980)
1984	El Laboratorio Federal Suizo para el Ensayo y la Investigación de Materiales (EMPA), publica un estudio de materiales de envase y embalaje que introduce un método para agregar los distintos impactos ambientales en un solo índice, el llamado “método de los volúmenes críticos” (Druijff, 1984).
1988	En 1988 la crisis de los residuos sólidos en Estados Unidos y la actividad ambiental en Europa, desencadenan una explosión de actividad en REPA. Al principio, los residuos sólidos son la clave, especialmente el cómo reciclar, la sustitución de materiales y el residuo de productos para reducir la dependencia de los vertederos (Boustead I., 1996).

Anexo No. 2 – Cronología del desarrollo del Análisis del Ciclo de Vida. (Continuación).

Fuente: (Díaz, 2009).

Año	Acontecimiento
1990	Primer taller de la Sociedad de Toxicología Ambiental y Química (SETAC), para abrir el debate sobre REPA, uno de los resultados fue la adopción del término “ <i>Life Cycle Assessment</i> ” (LCA), en español Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (SETAC, 1990)
1991	EPA inicia actividades en ACV con el interés primario de asistir en el desarrollo de guías y bases de datos para uso del sector público y privado (Hunt y Franklin, 1996)
1992	En 1992 Franklin Associates publica un artículo donde se presenta, completa, por primera vez la metodología de ACV (Hunt et al., 1992). Se crea SPOLD (de <i>Society for the Promotion Of LCA Development</i>), una asociación de 20 grandes compañías en Europa, con el objetivo de promover el desarrollo y la aplicación del ACV.
1993	La EPA publica un documento guía para el inventario (Vigon et al., 1993). SETAC publica el “ <i>Code of Practice</i> ” (Consoli et al., 1993) y “ <i>LCA Sourcebook</i> ” y fomenta numerosos talleres y reuniones que tienen como objetivo alcanzar el consenso en los aspectos metodológicos del Análisis del Ciclo de Vida.
1997	Se publica la serie de normas ISO 14040 referente a ACV.
2000	Se conducen estudios de ACV en todo el mundo, muchos de éstos trabajos son a gran escala y se enfocan en los combustibles fósiles, la energía nuclear y las energías renovables para producir electricidad (ABB, 2002)
2002	Se lleva a cabo la Reunión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo en Johannesburgo y se reconoce al ACV como una herramienta de apoyo para fomentar el cambio en los patrones de consumo y producción (UNEP, 2004)
2002-2008	Se realizan ACV en todo el mundo. Se forman asociaciones de ACV por regiones y desarrollan investigación, aplicación, consultorías y reuniones. Se desarrollan modelos computacionales especializados y genéricos.
2010	Toma auge a nivel mundial la herramienta de ACV debido a las preocupaciones que han causado el cambio climático y se diversifica el campo de su estudio en todos los sectores de la sociedad pues su aplicación conlleva a la ecoeficiencia y el desarrollo sostenible.

Anexo No. 3 – Relaciones de materiales, su empleo en la construcción, problemas que causan al medioambiente y los riesgos sobre la salud humana. **Fuente:** (Llanes, 2006).

MATERIAL	USOS	OBTENCIÓN	PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES	RIESGO A LA SALUD HUMANA
Adhesivos	Son termoplásticos, se usan en rehabilitar y rehacer muchos elementos constructivos y en tableros de madera como aglomerantes adhesivos que contienen formaldehídos.	a partir de residuos renovables	En la fase de aplicación, pues se utilizan encapsulados entre otros materiales.	inhalación de vapores de disolventes orgánicos y la irritación de la piel o de los ojos por contacto
Aglomerantes, conglomerantes, morteros y hormigones	Hormigones y los morteros. La posibilidad de utilizar áridos reciclados reducirá en el futuro el impacto de estos materiales	recursos no renovables	producción del clinker implica gran consumo de energía y emisiones de gases y polvo al molerlo	Nocivo para los pulmones e irrita la piel, tanto en estado seco como mezclado con agua.
Aislantes	en los edificios, en los sistemas refrigerantes	tienen orígenes y formas de presentación muy diferentes.	poco consumo energético en vivienda debido al aislamiento.	acumulándose en los tejidos de la mayoría de los organismos vivos.
Áridos y granulados	En hormigón, morteros, rellenos. El uso de áridos reciclados disminuye en el futuro el impacto ambiental.	recursos naturales no renovables	extracción con impacto irreversible en la naturaleza y consumo de energía. es conveniente el reciclado	Inhalación de polvo en procesos de trituración (cantera, centro de trituración y reciclado)
Bloques diversos y piezas cerámicas	como cierres y estructura vertical	Igual cemento y áridos	Bloque de hormigón presenta los mismos problemas que sus componentes	Igual cemento y áridos

Anexo No. 4 Relación de materia o sustancia empleada en la construcción, problemas y recomendaciones. **Fuente:** (Llanes, 2006).

MATERIAL / SUSTANCIA	PROBLEMA	RECOMENDACIÓN
Aglomerado de madera, hardboard	Emanaciones de formaldehído de las resinas ureicas y fenólicas. Emiten durante la combustión CO sustancia mortal incolora e inodora	Evitar principalmente los productos a base de formaldehído ureico. Es preferible el contrachapado.
Aislamiento de espuma plástica (poliuretano o PVC)	Emanaciones de componentes orgánicos volátiles. Humo muy tóxico al inflamarse.	Evitar su uso. Buscar sustitutos como la viruta de madera o el corcho aglomerado.
Aislamiento de fibra de vidrio	El polvo de lana de vidrio es un carcinógeno, la resina plástica ligante contiene fenol formaldehído.	Sellar, evitando el contacto de la fibra con el aire interior.
Cañerías de plástico (PVC) para agua	Los solventes de los plásticos y adhesivos e hidrocarburos clorados se disuelven en el agua.	No utilizar cañerías de PVC para el agua potable.
Cemento/hormigón	Las gravas graníticas empleadas como áridos suelen ser radiactivas.	Existe la alternativa del bio-hormigón, fácilmente elaborable, disminuyendo la proporción del cemento y aumentando la de cal. El cemento blanco es más sano que el gris.
Ladrillos refractarios	Contienen distintos porcentajes de aluminio tóxico.	Elegir los colores más claros, que contienen menos aluminio.
Sistemas de acondicionamiento de aire	Los filtros mal mantenidos desarrollan hongos, las parrillas de condensación albergan gérmenes aeropatógenos, el sistema distribuye contaminantes.	Es mejor acondicionar el edificio que acondicionar el aire. Sistemas de calefacción y refrigeración solar pasiva son más sanos.
Vidrios	Los rayos UV-A y UV-B producen cáncer en la piel, estos rayos penetran a través de los vidrios, aunque estos no los deja pasar completamente y disminuye sus efectos dañinos, pero si se reconoce que a través de los cristales son responsable del envejecimiento de la piel.	Reducir su uso, y grandes áreas de exposición al sol. Diseñar los espacios de manera que las personas se sienten alejadas de los ventanales de cristal.

Anexo No.5 – Matriz DAFO. Fuente: (Empresa IDEAR).

	Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	F+O I $8 + 8 = 16$ Estrategia ofensiva MAXI – MAXI ZONA DE PODER	D+O II $10 + 8 = 18$ Estrategia Adaptativa MAXI – MINI ZONA DE FRENO
Amenazas	F+A III $8 + 4 = 12$ Estrategia Defensiva MINI – MAXI ZONA DE PROTECCIÓN	D+A IV $10 + 4 = 14$ Estrategia de Supervivencia MINI – MINI ZONA CRÍTICA

DEBILIDADES

1. Locales de trabajo dispersos en varias instalaciones, que afectan las condiciones de trabajo, como la correcta información, comunicación interna y externa.
2. No completamiento de ocupaciones importantes aprobadas en la estructura organizativa de la Empresa.
3. Falta de capacitación y homologación de algunas especialidades de la plantilla de cargos.
4. No fortalecimiento del Control de Autor en nuestra actividad fundamental.
5. No se realiza la tarea técnica con la calidad y en el tiempo que es necesario.
6. No entrega a tiempo de la microlocalización.
7. Falta de autonomía y/o asignación financiera, para enfrentar inversiones necesarias y lograr el desarrollo continuo.
8. Deterioro de los equipos de transporte, lo que afecta la gestión de la Empresa y provoca más consumos de portadores energéticos
9. Datos para contratos
10. Revisión de la contratación.

Anexo No.5 – Matriz DAFO (Continuación). Fuente: (Empresa IDEAR).

AMENAZAS

1. Presiones de Organismos superiores para que se le definan fechas de terminación de los trabajos a ejecutar.
2. Empresas de proyectos del territorio que ofertan en el mercado actividad a fines a las nuestras.
3. Dificultades en la captación de profesionales de nuevo ingreso en la actividad fundamental.
4. Limitaciones energéticas en el país que reduce los horarios en que se pueda trabajar teniendo en cuenta que el sistema de pago es por acortamiento de plazos.(Documento de la Canec S.A. “Directivas sobre el uso de equipos de alto consumo energéticos en determinados horarios de trabajo)

FORTALEZAS

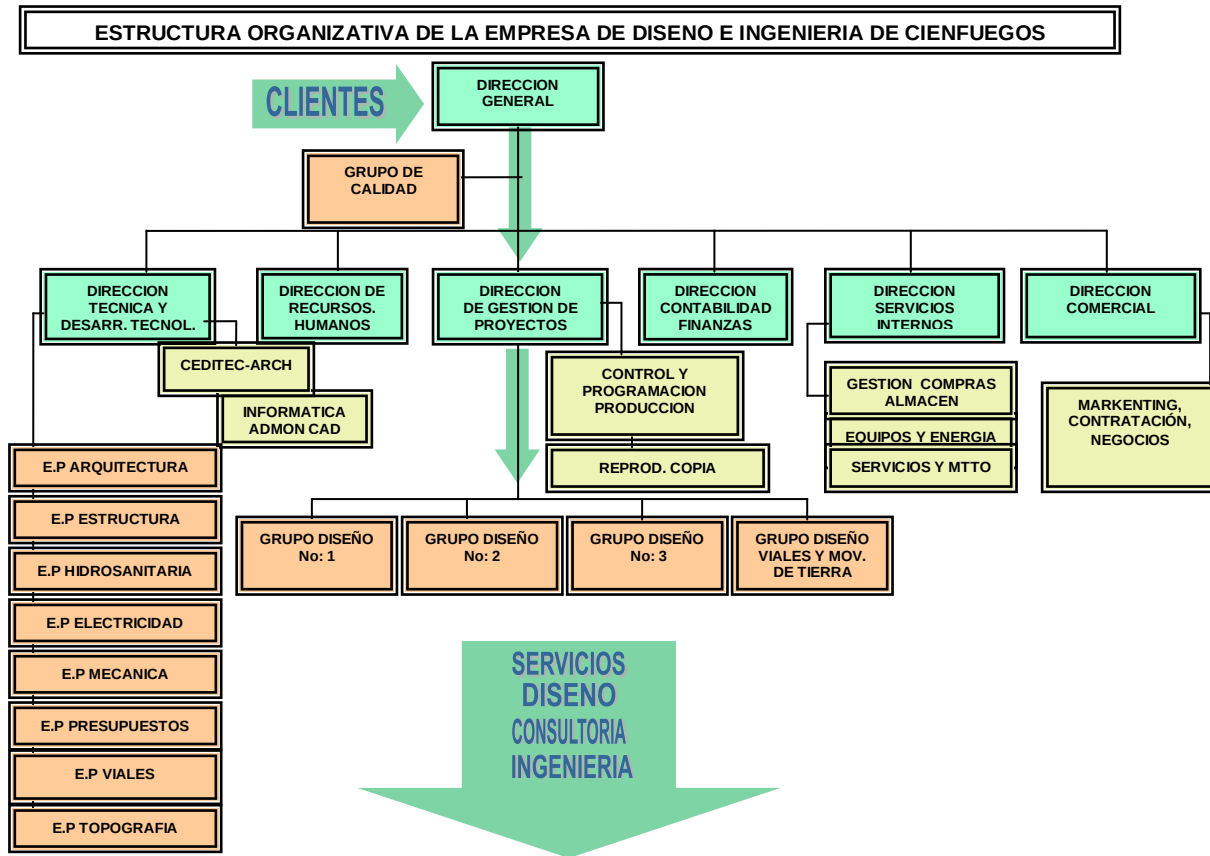
1. Personal técnico calificado y alta profesionalidad en las actividades que desarrolla la Empresa.
2. Contar con un soporte tecnológico adecuado para el desarrollo de la actividad de diseño e ingeniería.
3. Amplia experiencia en la mayoría de los trabajadores en la actividad a desarrollar.
4. Sistema de calidad certificada con la ISO 9001:2008.
5. Contabilidad certificada.
6. Capacidad productiva para enfrentar las demandas que se presenten de trabajo.
7. Tener aprobado el Perfeccionamiento Empresarial para las mejoras continuas de nuestras gestiones.
8. Ser Empresa líder en el territorio en la actividad de Diseño.

Anexo No.5 – Matriz DAFO (Continuación). Fuente: (Empresa IDEAR).

OPORTUNIDADES

1. Nuevos mercados en el Municipio de Trinidad producto de la reorganización de la Empresa de proyecto de Sancti Spíritus.
2. Reorganización del programa inversionista del país.
3. Inversiones extranjeras en el territorio. (Venezuela- Refinería).
4. Posibilidades de adquirir un inmueble propio que esté disponible para la sede de nuestra Empresa.
5. Programas de la Revolución Energética.
6. Existencia de Internet, con información técnica actualizada.
7. Posibilidades de introducir nuevos software que garanticen mayor automatización en los procesos.
8. Existencia de las Bases documentadas para desarrollar el Control Interno.

Anexo No.6 – Estructura Organizativa de la empresa IDEAR. Fuente: (Empresa IDEAR).



Anexo No.7 – Categorías de Daño e Impacto del Método Eco-Speed. Fuente: (Rodríguez, 2010).

Categoría de daño: Exterminación de la población (<i>Human Extermination</i>)	
Categoría de impacto: Carcinogénicos en el aire. $CA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	Donde: - CA: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el aire. - CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. - M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. - n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el aire. $NCA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	- NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el aire. - CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. - M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. - n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de impacto: Carcinogénicos en el agua. $CW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	- CW: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el agua. - CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. - M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. - n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el agua. $NCW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	- NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el agua. - CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. - M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. - n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de impacto: Carcinogénicos en el Suelo. $CW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	- CW: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el suelo. - CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. - M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. - n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de impacto: No Carcinogénicos en el Suelo. $NCW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	- NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No Carcinogénicos en el suelo. - CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. - M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. - n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de daño: Consumo de los recursos (<i>Resources Consumption</i>)	
Categoría de Impacto: Uso del Agua. $WU = \sum_{i=1}^n \frac{v_i}{V_i}$	- v_i: representa el volumen de agua proveniente de la fuente “i” utilizado por el proceso. - V_i: representa el volumen total disponible el 95 % del tiempo que existe de la fuente “i”. Es decir, que solo se tienen en cuenta para este cálculo las fuentes de agua más estables.

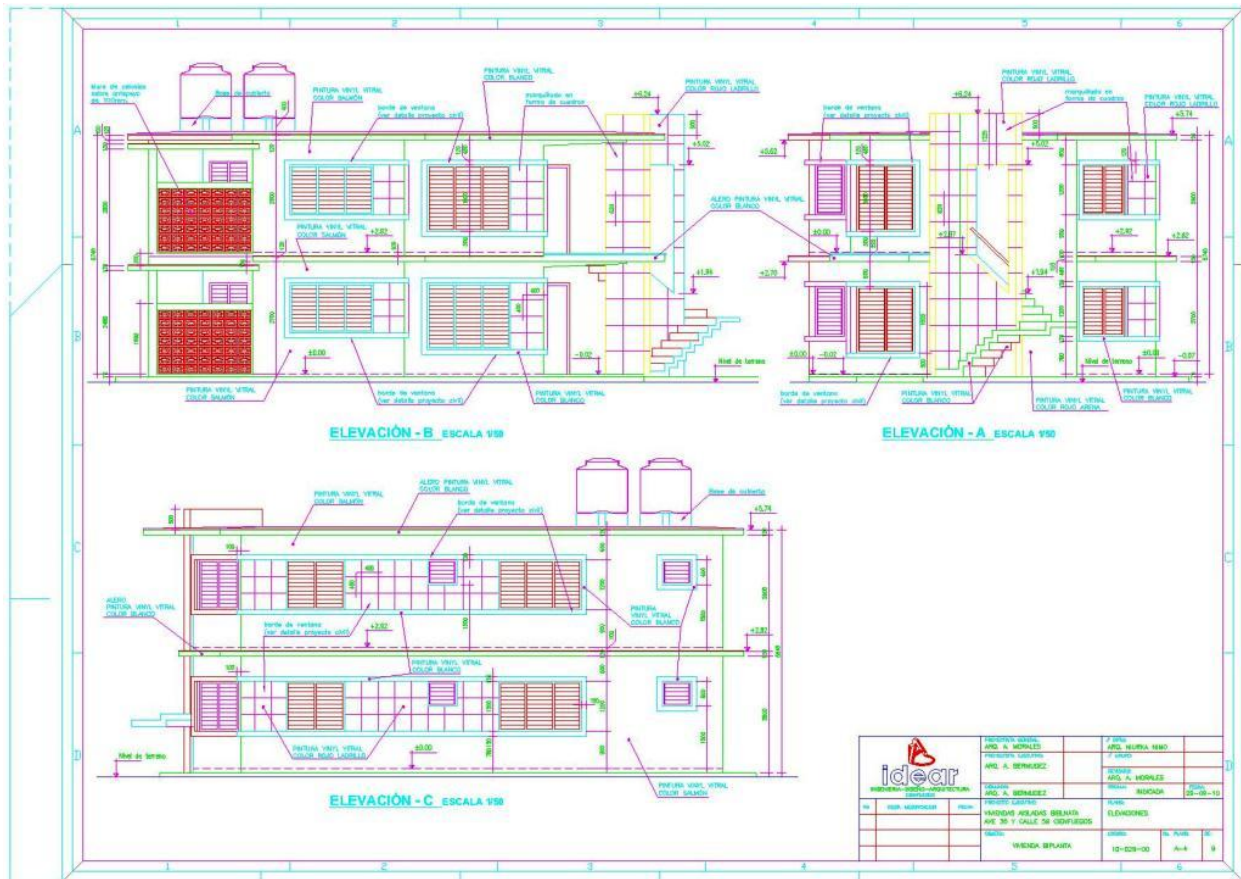
Anexo No.7 – Categorías de Daño e Impacto del Método Eco-Speed. (Continuación).

Fuente: (Rodríguez, 2010).

Categoría de daño: Consumo de los recursos (<i>Resources Consumption</i>)	
Categoría de Impacto: Uso del Suelo. $SU = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\left(\frac{a_{ij}}{A_i} \right) + \left(\frac{a_{ij}}{A_i} \right) * k_{ij} \right)$	▪ a_{ij}: Área utilizada por el tipo de suelo “i” para el uso “j”. ▪ A_i: Área disponible del tipo de suelo “i”. ▪ k_{ij}: Factor de ponderación correspondiente al tipo de uso de la tierra.
Categoría de Impacto: Uso de la Energía $EU = \sum_{i=1}^n \left(\frac{e_i}{E_i} \right)$	▪ e_i: Representa la masa del recurso energético “i” que se utiliza en el sistema analizado. ▪ E_i: Es la masa disponible en reservas probadas del recurso energético “i”.
Categoría de Impacto: Uso de los Minerales. $MU = \sum_{i=1}^n \left(\frac{m_i}{M_i} \right)$	▪ m_i: Representa la masa del recurso “i” que se utiliza en el sistema analizado. ▪ M_i: Es la masa disponible en reservas probadas del recurso “i”.
Categoría de daño: Contaminación de La Tierra (<i>Earth Contamination</i>)	
Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Aire. $EA = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	▪ EA: Indicador de daños potenciales por la presencia de sustancias peligrosas en el aire. ▪ CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. ▪ M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. ▪ n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Agua. $EW = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	▪ EW: Indicador de daños potenciales por la presencia de sustancias peligrosas en el agua. ▪ CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. ▪ M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. ▪ n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de Impacto: Ecotoxicidad del Suelo. $ES = \sum_{i=1}^n (CF_i * m_i)$	▪ ES: Indicador de daños potenciales por la presencia de sustancias peligrosas en el suelo. ▪ CF_i: Factor de Caracterización para la sustancia “i” para esta categoría. ▪ M_i: Masa emitida de la sustancia “i”. ▪ n: cantidad de sustancias incluidas en esta categoría.
Categoría de Impacto: Calentamiento Global. $CC = \sum_{i=1}^n (GWP_i * m_i)$	▪ CC: Representa el indicador de daños potenciales de las sustancias analizadas. ▪ m_i: representa la masa emitida de la sustancia “i”. ▪ GWP_i: Representa el Potencial de Calentamiento Global de la sustancia “i”.
Categoría de Impacto: Capa de Ozono. $OZ = \sum_{i=1}^n (ODP_i * m_i)$	▪ ODP_i: representa el factor de potencial de agotamiento del ozono de la sustancia “i” ▪ m_i: representa la masa de la sustancia “i” emitida.

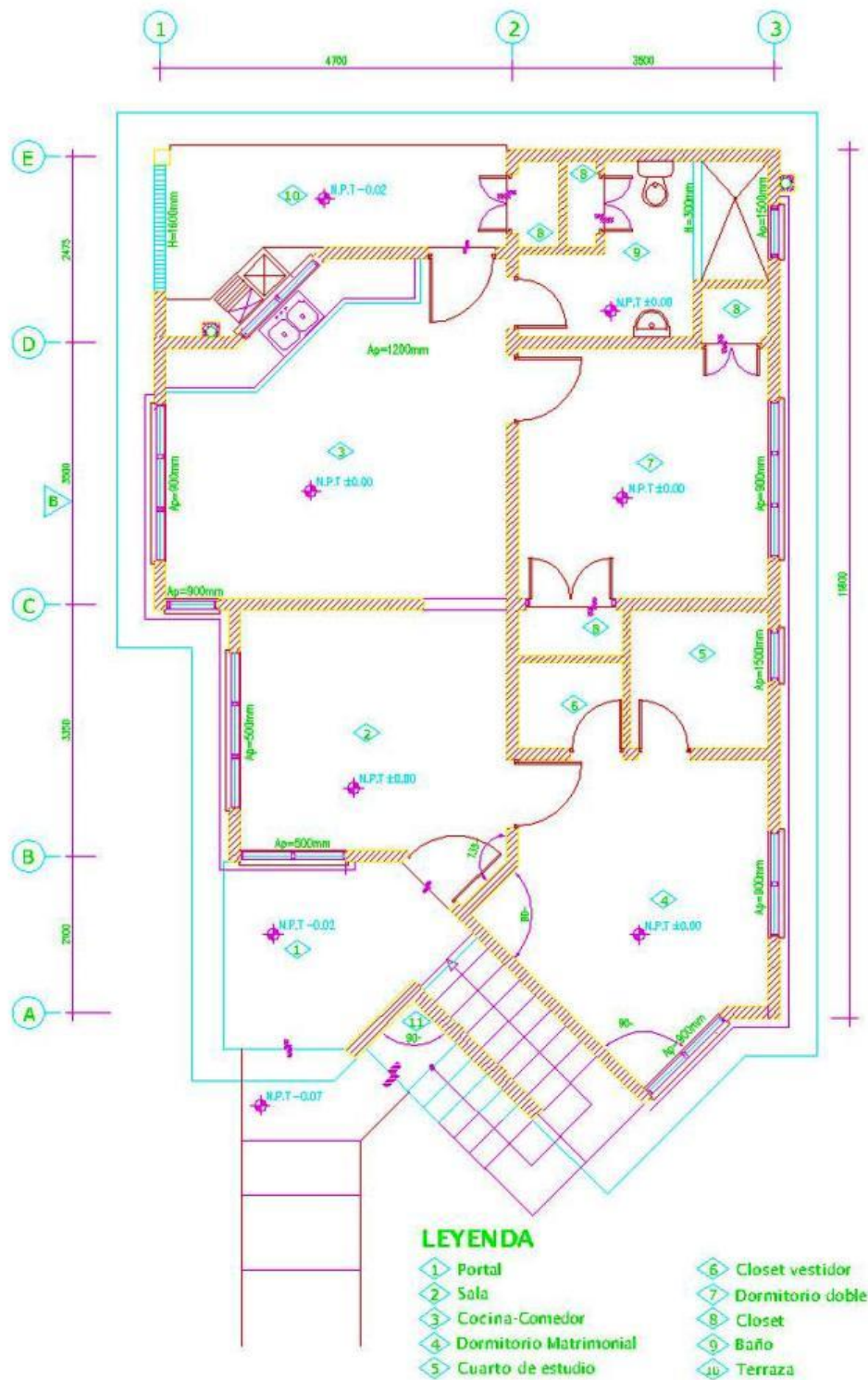
Anexo No.8 – Plano frontal del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional.

Fuente: (Empresa IDEAR).



Anexo No.9 – Plano superior del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional.

Fuente: (Empresa IDEAR).

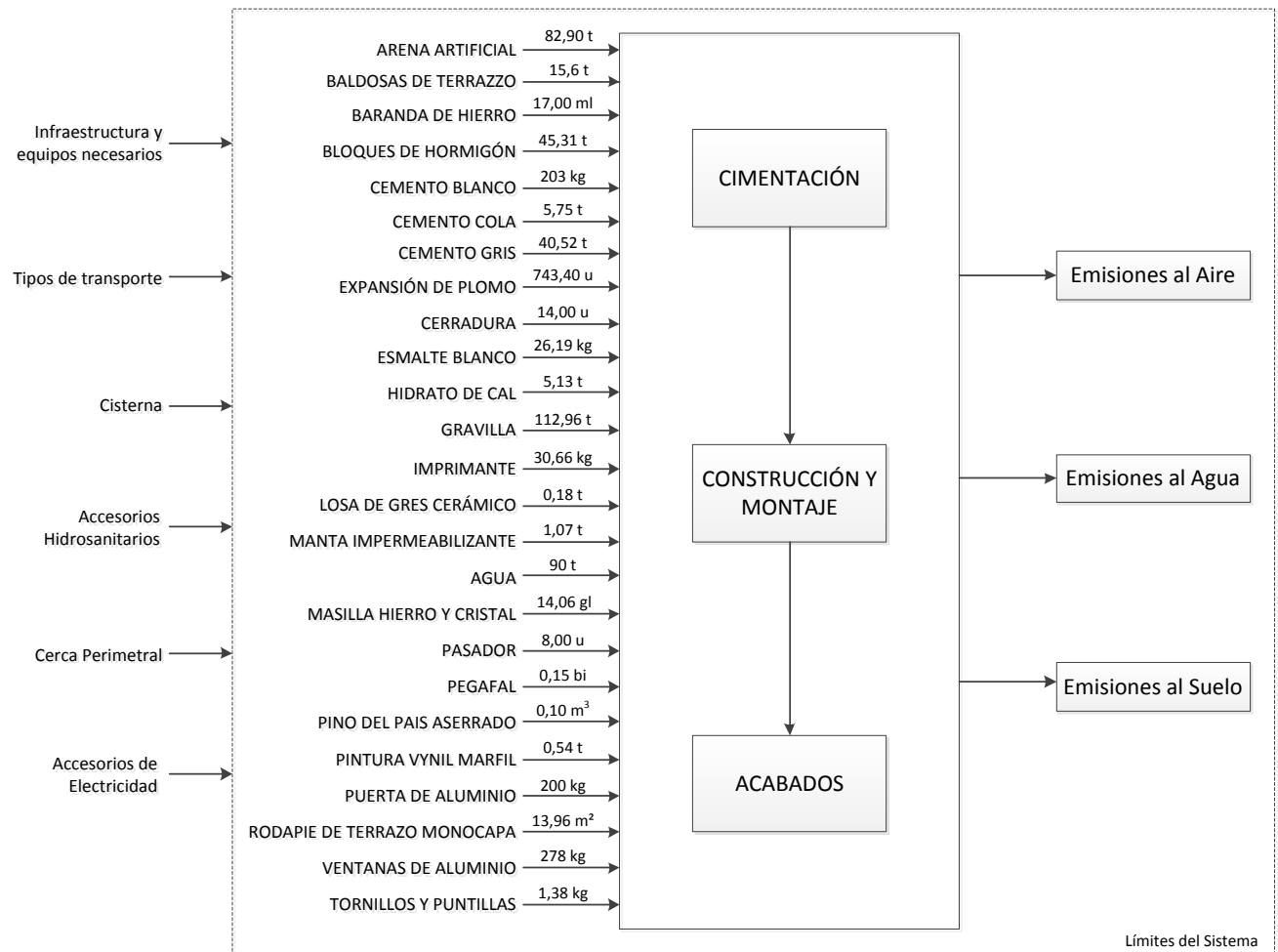


Anexo No.10 – Lista de los materiales utilizados en la construcción del Biplanta Tradicional.

Fuente: (Empresa IDEAR).

Descripción	UM	Cantidad	Importe
Arena artificial grado a de 800 kg/cm2 o mas	t	82,90	\$ 751,24
Baldosas de terrazzo 300x300x30mm cem.blanco c\pigmento	t	15,6	\$ 3359,16
Baranda de hierro tipo bhra-12	ml	17,00	\$ 265,20
Bloque horm bas/granito-arena-c/gris 400 x150 x 200 mm	t	45,31	\$ 3537,00
Cemento blanco	kg	203	\$ 34,83
Cemento cola	t	5,75	\$ 168,19
Cemento gris pp-250	t	40,52	\$ 3265,60
Cerradura p/puerta metal	u	14,00	\$176,40
Esmalte blanco	kg	26,19	\$ 83,22
Hidrato de cal de primera	t	5,13	\$ 551,91
Gravilla	t	112,96	\$ 6563,24
Imprimante	kg	30,66	\$ 40,78
Losa de gres cerámico p/revestimiento 200 x 200	t	0,18	\$ 615,47
Manta impermeabilizante sopra o ica	t	1,07	\$ 668,95
Agua	t	120	\$ 0,00
Masilla hierro y cristal línea 4-m-1 envase 4 lt	gl	14,06	\$ 37,26
Pasador media caña 6"	u	8,00	\$ 114,80
Pegafal en tambores de 55 galones	bi	0,15	\$ 540,23
Pino del país aserrado	m3	0,10	\$ 27,50
Pintura vinyl marfil	t	0,54	\$ 1014,00
Puerta de aluminio de 2.10 x 0.90	u	4,00	\$ 833,84
Puntillas de hierro con cabeza de 2 1/2" cal 12	kg	1,38	\$ 0,88
Rodapié de terrazo monocapa de 333 x 111 x 15mm	m2	13,96	\$ 154,84
Tornillo rosca madera de 2 1/2" # 9	gr	5,13	\$ 10,67
Ventanas de aluminio c/persianas	kg	278	\$ 4762,80

Anexo No.11 – Flujo de entradas y salidas al sistema constructivo. Fuente: Elaboración Propia.



Anexo No.12 – Categorías de Impacto y daño por el método Eco-indicador para el Biplanta Tradicional. **Fuente:** Elaboración Propia.

Categoría de impacto	Unidad	Biplanta Tradicional
Minerales	Pt	3366,84
Cambio Climático	Pt	634,79
Respiración de Sustancias Inorgánicas	Pt	387,62
Uso de la Tierra	Pt	130,95
Acidificación/Eutrofización	Pt	63,35
Agente Carcinogénico	Pt	51,31
Ecotoxicidad	Pt	16,24
Respiración de Sustancias Orgánicas	Pt	1,73
Radiación	Pt	5,11E-01
Capa de ozono	Pt	2,26E-01
Total	Pt	4653,57

Categoría de Daño	Unidad	Biplanta Tradicional
Recursos	Pt	3366,84
Salud Humana	Pt	1076,19
Calidad del Ecosistema	Pt	210,53
Total	Pt	4653,57

Anexo No.13 – Categorías de impacto y daño por el método Impact 2002+ para el Biplanta Tradicional. **Fuente:** Elaboración Propia.

Categoría de impacto	Unidad	Biplanta Tradicional
Calentamiento Global	Pt	6,53
Energía No-Renovable	Pt	3,21
Respiración de Sustancias Inorgánicas	Pt	2,35
Agente No-Carcinogénico	Pt	3,83E-01
Ecotoxicidad Terrestre	Pt	3,45E-01
Agente Carcinogénico	Pt	1,77E-01
Uso de la Tierra	Pt	9,71E-02
Acidificación/Nutrificación Terrestre	Pt	5,20E-02
Radiación Ionizante	Pt	3,49E-02
Ecotoxicidad Acuático	Pt	1,50E-02
Extracción de Minerales	Pt	1,31E-02
Respiración de Sustancias Orgánicas	Pt	5,32E-03
Deterioro de la Capa de Ozono	Pt	8,20E-04
Acidificación Acuática	Pt	-
Eutrofización Acuática	Pt	-
Total	Pt	13,22

Categoría de Daño	Unidad	Biplanta Tradicional
Cambio Climático	Pt	6,53
Recursos	Pt	3,23
Salud Humana	Pt	2,95
Calidad del Ecosistema	Pt	5,09E-01
Total	Pt	13,22

Anexo No.14 – Categorías de Impacto y daño por el método Eco-Speed para el Biplanta Tradicional. **Fuente:** Elaboración Propia.

Categoría de impacto	Unidad	Biplanta Tradicional
Uso de Agua	nPt	34,46
Calentamiento Global (IPCC-100)	nPt	16,08
Agente No-Carcinogénico (aire)	nPt	11,09
Uso de Energía	nPt	9,42
Agente No-Carcinogénico (agua)	nPt	1,93
Agente Carcinogénico (aire)	nPt	4,81E-01
Agente Carcinogénico (agua)	nPt	1,98E-01
Capa de Ozono	nPt	1,66E-01
Uso de la Tierra	nPt	1,27E-01
Agente No-Carcinogénico (tierra)	nPt	1,01E-02
Uso de Minerales	nPt	8,00E-04
Ecotoxicidad (tierra)	nPt	2,87E-04
Ecotoxicidad (agua)	nPt	2,65E-04
Agente Carcinogénico (tierra)	nPt	9,53E-06
Ecotoxicidad (aire)	nPt	3,61E-06
Total	nPt	73,97

Categoría de Daño	Unidad	Biplanta Tradicional
Total	nPt	73,97
Daños a los Recursos	nPt	44,02
Daños a los Ecosistemas	nPt	16,24
Daños a la Salud Humana	nPt	13,71

Anexo No.15 – Lista de los materiales a utilizar en la construcción del Biplanta Tradicional Mejorado. **Fuente:** Elaboración propia.

Descripción	UM	Cantidad	Importe
Arena artificial grado a de 800 kg/cm2 o mas	t	75,21	\$ 681,55
Mosaico	t	10,25	\$ 1846,72
Baranda de hierro tipo bhra-12	ml	17,00	\$ 265,20
Ladrillo de Barro Macizo	t	31,01	\$ 2.345,29
Cemento blanco	kg	143	\$ 24,56
Cemento cola	t	4,08	\$ 102,00
Cemento gris pp-250	t	36	\$ 2901,32
Cerradura p/puerta metal	u	14,00	\$ 176,40
Esmalte blanco	kg	26,19	\$ 83,22
Hidrato de cal de primera	t	4,09	\$ 437,54
Gravilla	t	98,59	\$ 5728,31
Imprimante	kg	30,66	\$ 40,78
Losa de gres cerámico p/revestimiento 200 x 200	t	0,18	\$ 615,47
Manta impermeabilizante sopra o ica	t	1,07	\$ 668,95
Agua	t	90	\$ 0,00
Masilla hierro y cristal línea 4-m-1 envase 4 lt	gl	14,06	\$ 37,26
Pasador media caña 6"	u	8,00	\$ 114,80
Pegafal en tambores de 55 galones	bi	0,15	\$ 540,23
Pino del país aserrado	m3	0,60	\$ 165,00
Pintura vinyl marfil	t	0,46	\$ 865,83
Puerta practicable de 1h de vidrio transparente de 6mm	m2	31,50	\$ 5120,96
Puntillas de hierro con cabeza de 2 1/2" cal 12	kg	1,38	\$ 0,88
Rodapié de terrazo monocapa de 333 x 111 x 15mm	m2	13,96	\$ 154,84
Tornillo rosca madera de 2 1/2" # 9	gr	5,13	\$ 10,67
Ventanas de aluminio c/persianas	m2	35,28	\$7.454,66

Anexo No. 16 – Categorías de Impacto y daño por el método Eco-Speed para el Biplanta Tradicional. **Fuente:** Elaboración Propia.

Categoría de impacto	Unidad	Biplanta Tradicional mejorado
Uso de Agua	nPt	16,07
Calentamiento Global (IPCC-100)	nPt	12,84
Agente No-Carcinogénico (aire)	nPt	9,44
Uso de Energía	nPt	6,28
Agente No-Carcinogénico (agua)	nPt	1,44
Agente Carcinogénico (aire)	nPt	2,49E+00
Agente Carcinogénico (agua)	nPt	1,67E-01
Capa de Ozono	nPt	1,54E-01
Uso de la Tierra	nPt	7,87E-02
Agente No-Carcinogénico (tierra)	nPt	9,26E-03
Uso de Minerales	nPt	5,66E-04
Ecotoxicidad (tierra)	nPt	2,08E-04
Ecotoxicidad (agua)	nPt	1,98E-04
Agente Carcinogénico (tierra)	nPt	6,33E-06
Ecotoxicidad (aire)	nPt	3,78E-06
Total	nPt	48,97

Categoría de Daño	Unidad	Biplanta Tradicional mejorado
Daños a los Recursos	nPt	22,43
Daños a los Ecosistemas	nPt	12,99
Daños a la Salud Humana	nPt	13,55
Total	nPt	48,97

Anexo No. 17 – Presupuesto por operaciones de los proyectos constructivos Biplanta Tradicional y Biplanta Tradicional Mejorado. **Fuente:** Elaboración Propia.

Gastos por Operaciones	Biplanta Tradicional	Biplanta Tradicional Mejorado
Gastos Directo de Materiales	\$50,825.00	\$48,353.90
Gastos Directo de Mano de Obra	\$7,155.50	\$7,020.16
Gastos Directo de Equipos	\$1,411.09	\$1,517.93
Total de Costos Directos	\$59,391.59	\$56,891.99
Otros Gastos Directos de Obra	\$7,423.95	\$7,111.50
Gastos Generales de Obra	\$5,082.50	\$4,835.39
Total Gastos Directos de Producción	\$71,898.04	\$68,838.88
Gastos Indirectos de Obra	\$8,915.36	\$8,536.02
Total de Gastos Indirectos de Producción	\$8,915.36	\$8,536.02
Presupuestos Independientes	\$0.00	\$0.00
Subtotal de Gastos	\$80,813.40	\$77,374.90
Costo Total	\$80,813.40	\$77,374.90
Utilidad	\$5,997.68	\$5,804.20
Precio del Servicio de Construcción	\$86,811.07	\$83,179.10
Presupuesto de Equipos	\$542.00	\$542.00
Total Precio Construcción	\$87,353.07	\$83,721.10