



Universidad de Cienfuegos
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Título: “Evaluación del impacto ambiental de la glucosa ácida producida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos”.

Trabajo de Diploma
Ingeniería Industrial

Autor: Dayana Cruz García
Tutores: MSc. Berlan Rodríguez
MSc. Fernando Sarria Quesada

Cienfuegos
2012
"Año 54 de la Revolución"



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.

Dayana Cruz García
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. Berlan Rodríguez Pérez

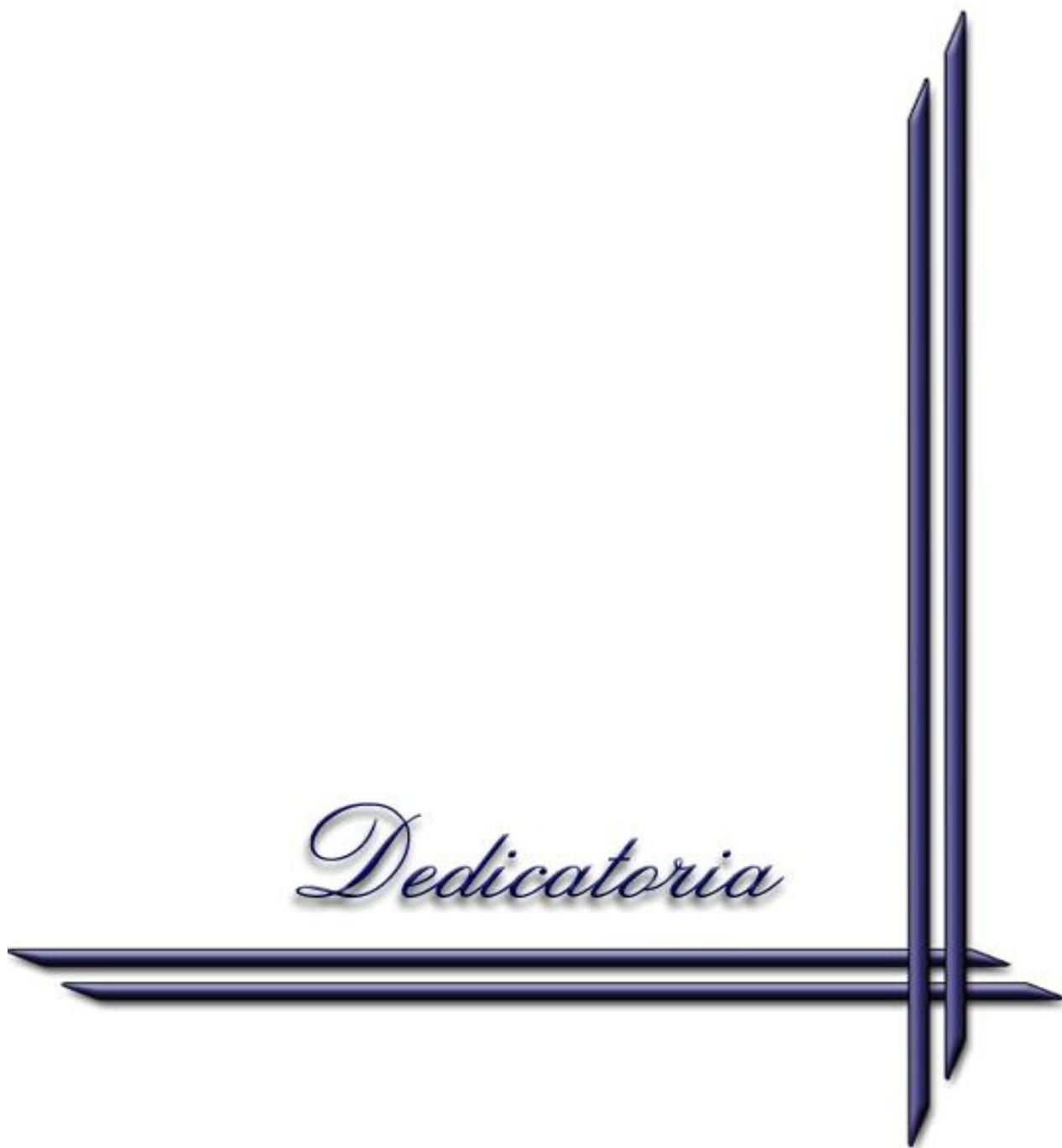
Pensamiento



*Produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla
mientras el género humano no la escucha.*

Víctor Hugo

Dedicatoria



*A la memoria de mi papi Humberto que le hubiese encantado verme
graduada ,
A mis padres por apoyarme en todo.*

Agradecimientos



Este trabajo representa muchos años de estudio y esfuerzo para convertirme en profesional, el momento es ahora de reflexión y agradecimiento a todos aquellos que contribuyeron de una forma u otra en mi formación, por ello quiero dar muchas gracias:

A mi mamá, mi mejor amiga, por darme todo el amor que necesita una hija, por luchar conmigo y apoyarme siempre,

A mi papá por quererme, apoyarme y celarme tanto,

A mi papi Humberto por cuidarme tantos años, por malcriarme y quererme como su hija,

A Dios por guiarme siempre por el buen camino, por socorrerme y estar junto a mí en los buenos y malos momentos,

A mami Tita y Maria del Carmen por el cariño y por todo el tiempo que me dedicaron,

A mis hermanas Yanila y Yaneisy por preocuparse por mí y estar a mi lado cuando las necesito,

A mi abuela Pillo y a mis tías Lidia y Carmen por quererme y siempre pensar en mí, por sus preocupaciones y por acompañarme en las buenas y malas,

A mis primos especialmente a Yanuary por ser el hermano que no tuve, porque a pesar de la mala memoria que tiene nunca se olvida de mí,

A Yili, por ser mi amiga de tantos años, a Niurki y Manuel por ser mi segunda familia, por la ayuda y el cariño incondicional que siempre me brindan,

A mi abuelo Rodolfo por sus detalles y a mis tíos Armando, Iván y Rodi por el cariño que me han brindado siempre,

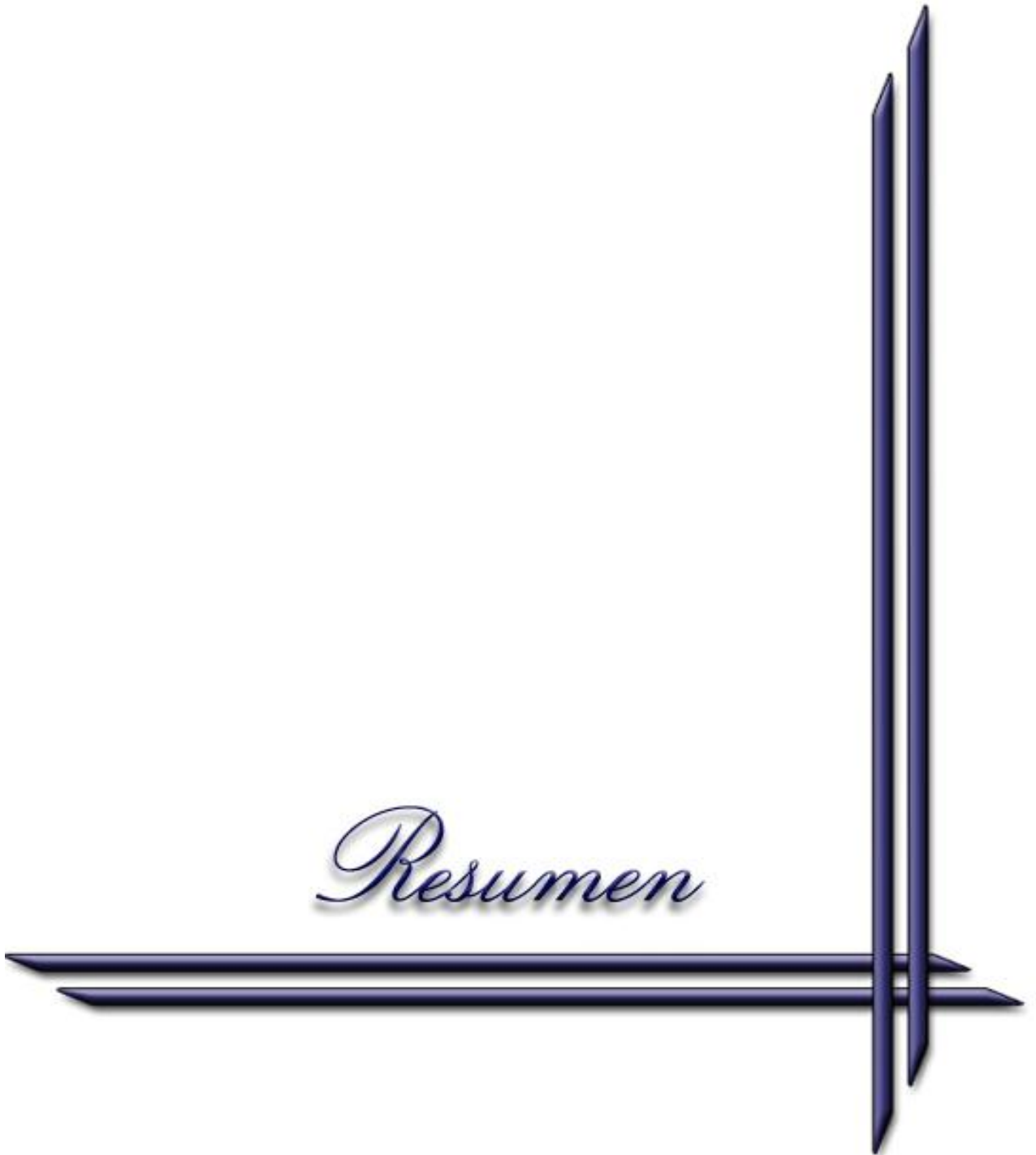
A todos mis compañeros de aula por los gratos momentos que pasamos, por hacerme sentir tan bien en estos cinco años,

A mis amigos: Dare, Eli, Sara, Guille, Darol, Roberto, Maday y Maidelis que han hecho que estos cinco años de Universidad hayan sido unos de los mejores de mi vida, por su apoyo incondicional, por hacerme ver las cosas menos complicadas, por ser mis confidentes, por sus consejos, por la ayuda que siempre me brindaron, por las risas que compartimos, por los ratos divertidos que pasamos juntos y por el cariño que siempre me brindaron,

A mi novio Yanier que ha sido mi apoyo en los momentos de debilidad y flaqueza, por hacerme reír, por hacerme sentir tan querida,

A Elia y Liset por su preocupación y cariño,
A mi tía Roli, Annia y Susana porque me han brindado desde lejos su apoyo,
A mis tutores Berlan y Sarria por el tiempo dedicado, por sus contribuciones de gran ayuda
para la realización de este trabajo,
A todos los profesores de la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales que han
contribuido a mi formación profesional, principalmente a Anibal y a Niurka,
A los trabajadores de la UEB Glucosa principalmente a Yoanka, Sarria, Marta, Cecilia,
William, Yusi y Jaime por la ayuda imprescindible que me brindaron y el tiempo que me
dedicaron,
A mi amiga Anette, a Aliana, Adalis y Tony por la ayuda desinteresada, por las molestias
ocasionadas,
A mis amigos del barrio Richard, Cristian y Luisi y a mis vecinos Maida, Yulién, Cecilia, Richi,
Ágela, Marti y Enriqueta, que se preocupan por mi tanto como mi familia,
A Isamary, Nailan, al hermano Carlos, Hector y Salvador por el apoyo que me han mostrado
todos estos años,
A los amigos que pese al tiempo y la distancia siempre se encuentran junto conmigo: Claudia
González y Gretter Pérez,
A Annia, Maria Teresa, Marcos y familia, por contribuir de muchas maneras a mi formación y
por la ayuda desinteresada que me mostraron.

Resumen



RESUMEN

La presente investigación titulada “Evaluación del impacto ambiental de la glucosa ácida producida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos” tiene como objetivo principal evaluar el impacto ambiental de la producción de glucosa ácida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos con el uso de la metodología Análisis de Ciclo de Vida. En el trabajo se utilizan técnicas de obtención de información y herramientas propias de la Ingeniería Industrial como son las tormentas de ideas, consulta de documentos, entrevistas, observación directa, diagrama de flujo, SIPOC, gráficos de control y diagrama de Pareto.

También se recurre a la herramienta de gestión medioambiental Análisis de Ciclo de Vida referida en las NC ISO 14 040 y junto a ella la metodología de evaluación Eco-Speed, apropiada para la región americana. Para la obtención de datos se toma el 2011 como año base de estudio. La aplicación del procedimiento: definición de los objetivos y alcance, análisis del inventario, evaluación del impacto y análisis de mejoras, junto con el software openLCA, permiten identificar los impactos principales del proceso de producción de la glucosa ácida, determinar los productos que presentan mayor carga contaminante al medio ambiente y proponer mejoras factibles para disminuir estas incidencias. Se recomienda finalmente considerar las propuestas de mejoras y fomentar los estudios de Análisis del Ciclo de Vida en las industrias alimenticias del país por constituir grandes generadoras de residuales y de emisiones al aire, al agua y al suelo.

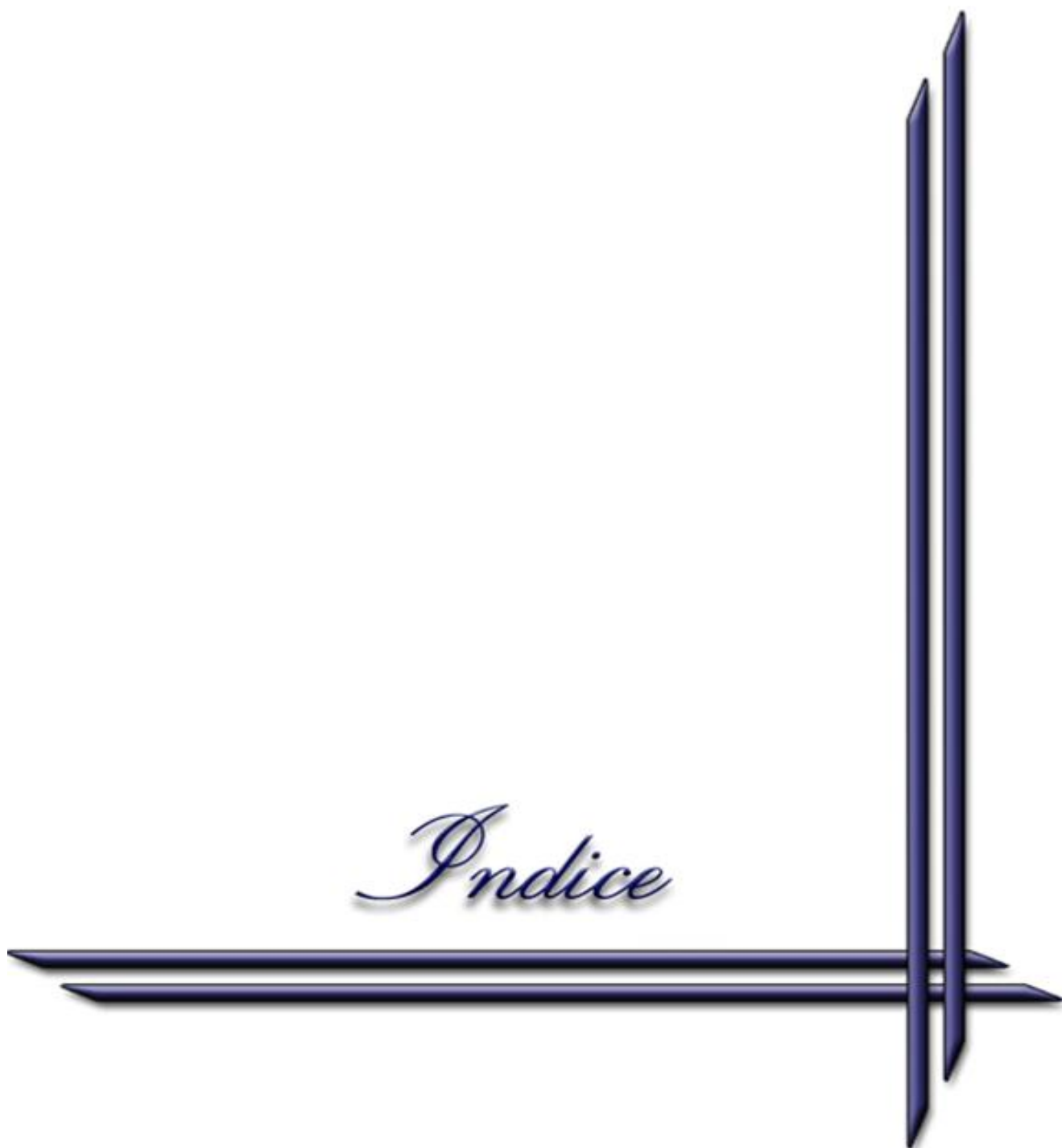
SUMMARY

SUMMARY

This research entitled "Environmental impact of acid produced in Glucose Business Unit Base Glucose Cienfuegos" main objective is to assess the environmental impact of the production of glucose in Acid Base Business Unit Glucose Cienfuegos with the use the methodology of Life Cycle Analysis. In the paper we use information gathering techniques and tools of industrial engineering such as brainstorming, consultation documents, interviews, direct observation, flow charts, SIPOC, control charts and Pareto diagram.

It also refers to the environmental management tool of Life Cycle Assessment referred to in the ISO 14 040 and NC with her assessment methodology Eco-Speed, appropriate for the Americas. To obtain data taking 2011 as base year of study. The application of the process: defining the objectives and scope, inventory analysis, impact assessment and improvement analysis, along with the software openLCA, to identify the main impacts of the production process of glucose acid, determine the products that are most pollutant load to the environment and propose feasible improvements to reduce these incidents. Finally recommended to consider the proposed improvements and encourage the study of Life Cycle Assessment in the food industries of the country into large generating waste and emissions to air, water and soil.

Indice



ÍNDICE

RESUMEN	11
SUMMARY	12
ÍNDICE.....	14
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	16
1.1 Sistema de Gestión	16
1.1.1 Sistema de Gestión con enfoque a Proceso	17
1.1.2 Sistema de Gestión Medioambiental	19
1.2 Herramientas del Sistema de Gestión Medioambiental.....	23
1.3 El Análisis del Ciclo de Vida, una herramienta de Gestión Medioambiental	25
1.3.1 Surgimiento y evolución del Análisis del Ciclo de Vida	29
1.3.2 Aplicaciones e importancia del ACV	31
1.4 Metodologías del Análisis del Ciclo de Vida	33
1.4.1 Eco-indicador99.....	33
1.4.2 Impact 2002 +	34
1.4.3 ReCiPe 2008	35
1.4.4 Eco-Speed.....	35
1.5 Herramientas Informáticas para el Análisis del Ciclo de Vida.	36
1.5.1 GaBi 5.....	36
1.5.2 SimaPro 7.3.3	37
1.5.3 openLCA	37
1.6 Aplicación del ACV en América Latina y en Cuba	38
1.7 Aplicación del ACV en el Sector Alimenticio	40
Conclusiones parciales	44

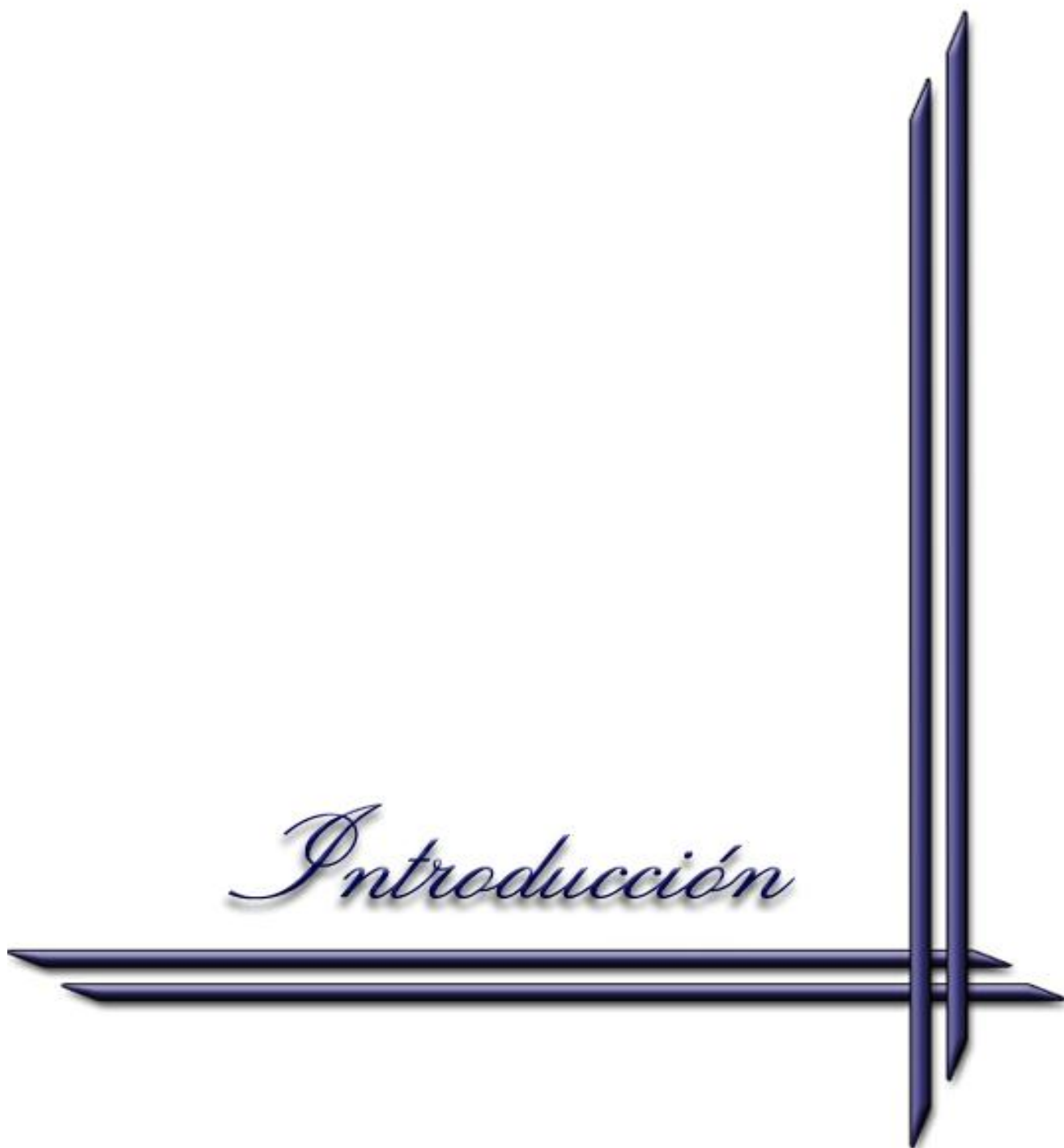
ÍNDICE

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	45
2.1 Caracterización de la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos.....	45
2.1.2 Aspectos Productivos y Económicos.....	47
2.2 Situación Ambiental en la Empresa Glucosa de Cienfuegos	51
2.2.3 Antecedentes.....	51
2.2.4 Situación ambiental actual.....	51
2.2.4.1Caracterización de los residuales en la UEB Glucosa de Cienfuegos	52
2.2.4.2 Análisis del comportamiento del pH a la entrada y salida de la planta de tratamiento de residuales	54
2.2.4.3 Contaminación Atmosférica	57
2.2.4.4 Utilización de los Recursos	58
2.3 Procedimiento Análisis del Ciclo de Vida.....	58
2.3.1 Etapa I: Definición del objetivo y alcance.....	58
2.3.2 Etapa II: Análisis de Inventario.	62
2.3.3 Etapa III: Evaluación del impacto.	65
2.3.3.1 Eco-Speed, método para evaluar el impacto ambiental.....	68
2.3.4 Etapa IV: Análisis de mejoras.	71
CONCLUSIONES PARCIALES	73
CAPÍTULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS	74
3.1 Etapa I: Definición de objetivos y alcance.	74
3.1.1 Objetivos del Estudio	74
3.1.2 Alcance del Estudio	74
3.2 Etapa II: Análisis de Inventario.	75
3.2.1 Recolectar los datos.	75
3.2.1.1 Recepción, almacenamiento y limpieza del maíz.....	75
3.2.1.2 Planta de obtención de Dióxido de Azufre (SO ₂).....	77

ÍNDICE

3.2.1.3 Maceración Molienda y Degerminación	78
3.2.1.4 Lavado de Fibra gruesa y Fibra fina	79
3.2.1.5 Lavado y Secado de germen.....	80
3.2.1.6 Separación Primaria y obtención de Gluten	80
3.2.1.7 Refinación del Almidón	81
3.2.1.8 Sección de Conversión por hidrólisis ácida, refinación y concentración del hidrolizado para la elaboración del sirope de glucosa.....	81
3.2.2 Construcción de los diagramas de procesos	83
3.2.3 Procesar los Datos	84
3.3 Etapa III: Evaluación del impacto.	84
3.4 Etapa IV: Análisis de Mejoras.....	90
3.4.1 Propuestas de mejoras para la disminución de las pérdidas de maíz y del agua	90
3.4.1.1 Propuestas de mejoras para disminuir las pérdidas de maíz en el proceso.....	90
3.4.1.2 Propuestas de mejoras para disminuir el consumo de agua en el proceso.	91
3.4.2 Análisis del impacto ambiental con las propuestas de mejora en el proceso.	92
3.4.3 Análisis económico de las propuestas de mejoras.....	93
3.4.1 Otra Propuesta de Mejora Ambiental	95
CONCLUSIONES PARCIALES	97
CONCLUSIONES GENERALES	98
RECOMENDACIONES	99
BIBLIOGRAFÍA	100
ANEXOS	109

Introducción



INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las sociedades humanas se ha basado en los sistemas naturales, que han sido fuente de recursos y sumidero de residuos, pero a medida que los pueblos fueron creciendo e industrializándose, la explotación de los ecosistemas se volvió intensiva, generando importantes problemas ambientales (Güereca Hernández, 2006).

En la actualidad, legar a las futuras generaciones un medio ambiente apto para la continuidad de la civilización se ha convertido en una de las principales preocupaciones de la humanidad. En el marco de la globalización de las economías no es posible estar al margen de esta preocupación. En estos días, los consumidores son más exigentes, tanto en la conservación de los recursos naturales y en la protección del medio ambiente, como en la calidad de los productos y servicios que reciben. Por tal motivo, la industria enfrenta el reto de producir con alta calidad y satisfacer las expectativas de los consumidores y de otras partes interesadas en el tema de la protección del medio ambiente.

La producción de alimentos se ha convertido en un importante contribuyente al agotamiento de los recursos naturales, cambio climático y la contaminación (Nonhebel, 2004)(Suh et al., 2005). Como resultado de la industrialización, la producción de alimentos requiere un uso más intensivo de energía. El poder humano ha sido sustituido por energía mecánica, lo que ha conducido a un mayor uso de los recursos energéticos fósiles(Stern et al., 2005). Ante esta situación, las posibilidades de mejora constituyen uno de los principales retos de la industria alimentaria. En los últimos años, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se ha desarrollado como una herramienta importante en el mejoramiento del comportamiento medioambiental de los sistemas de producción de alimentos. De acuerdo con ISO 14 040:2006, el ACV puede ser utilizado en el desarrollo de productos y la mejora de la planificación estratégica, desempeño ambiental, de la selección de indicadores y la comercialización.

El análisis del ciclo de vida (ACV) de un producto es una metodología que intenta identificar, cuantificar y caracterizar los diferentes impactos ambientales potenciales, asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto, es una herramienta de gestión ambiental que brinda una base sólida para que la dirección de una organización pueda tomar decisiones técnicas

INTRODUCCIÓN

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 2002, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, UNEP por sus siglas en inglés) se une a la labor de la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental (SETAC, por sus siglas en inglés) para lanzar la Iniciativa del Ciclo de Vida, creando una alianza internacional diseñada para poner en práctica el concepto del ciclo de vida. La iniciativa responde al llamado que hicieron diversos gobiernos mediante la Declaración de Malmo (2000) para crear una economía de ciclo de vida, y constituye una aportación al marco de programas de diez años para promover patrones sostenibles de consumo y producción, uno de los compromisos de la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo (2002)(PNUMA, 2004). Esta iniciativa toma como base los estándares de ISO 14040 y busca establecer enfoques de mejores prácticas para una economía de ciclo de vida(Díaz Peña, 2009).

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 Peña, 2009).

Al triunfo de la Revolución en Cuba, la Industria Alimenticia contaba con unos pocos talleres y fábricas, prácticamente artesanales y con una gran dispersión territorial, no constituyendo en ese momento sus residuales una amenaza significativa de contaminación para el medio ambiente. Comienza un proceso de renovación y desarrollo de esta rama con la ejecución de varias inversiones a partir de la década del 1970 lo cual permite que se cuente actualmente, con un sistema productivo de la Industria Alimenticia, distribuido por todo el territorio nacional, que por las características y volumen de sus residuales, constituyen una de las fuentes importantes de contaminación del medio ambiente del país.

Según la Estrategia Ambiental del Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL) los principales problemas ambientales que presenta este sector son la contaminación de las aguas terrestres y marinas por el vertimiento de los residuales líquidos industriales, la contaminación de

INTRODUCCIÓN

la atmósfera: por emanaciones de gases, polvo, hollín y malos olores y elevado consumo de agua, recurso natural más importante que maneja el MINAL.

La Unidad Empresarial de Base (UEB) Glucosa de Cienfuegos subordinada a la rama Confitera del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), única de su tipo en el país, no queda exenta de estos problemas y aunque cuenta con una Estrategia Ambiental desde el año 2009 que se materializa en planes de acción a corto, mediano y largo plazo, esta resulta insuficiente para resolver los problemas ambientales que ocasiona. La situación ambiental actual de esta UEB constituye una **situación problemática** debido a:

- Se consumen 217 886 m³ de agua anual.
- Se emiten 54 784,15 kg de SO₂ en un año a la atmósfera.
- La fábrica genera de 1000 a 1200 m³ de residuales. El tratamiento realizado a estos es insuficiente y los vertidos realizados incumplen las regulaciones cubanas establecidas como la NC 27:1999 “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones”. Solo en los casos de las grasas y aceites y el índice de fenoles se cumple con lo establecido.
- No existe ningún estudio que identifique los impactos ambientales de la glucosa ácida de la UEB Glucosa de Cienfuegos que considere todos los componentes involucrados desde la recepción del maíz hasta la elaboración del producto.

Por la situación anteriormente expuesta se plantea el **problema de investigación**.

Problema de la Investigación

¿Cómo identificar los impactos ambientales que genera en su ciclo de vida la producción de glucosa ácida fabricada en la UEB Glucosa de Cienfuegos?

Hipótesis

La aplicación de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida permitirá identificar los impactos ambientales la producción de glucosa ácida en la UEB Glucosa y proponer variantes de mejora ambiental.

INTRODUCCIÓN

Definición de las Variables

Variable independiente: Metodología Análisis del Ciclo de Vida

Variable dependiente: Impactos ambientales, medidas ambientales factibles.

Conceptualización de las Variables

Metodología Análisis del Ciclo de Vida (ACV): es una herramienta que permite evaluar los impactos ambientales de productos o servicios considerando todas las etapas del ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final y todos los vectores involucrados.

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.

Medidas ambientales factibles: Acciones que se llevan a cabo para eliminar o minimizar los daños al medio ambiente.

La investigación es de tipo **correlacionar**.

Objetivo general

Evaluar el impacto ambiental de la producción de glucosa ácida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos con el uso de la metodología Análisis de Ciclo de Vida.

Objetivos específicos

1. Elaborar el inventario del ciclo de vida de la producción de glucosa ácida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos.
2. Identificar los principales impactos ambientales de la producción de glucosa ácida en la UEB Glucosa de Cienfuegos con el uso del método de punto final Eco-Speed y apoyados en el programa informático openLCA.
3. Proponer mejoras factibles desde el punto de vista ambiental y económico.

La **justificación de la investigación** está dada por los beneficios que aporta la aplicación de la metodología de Análisis del Ciclo de Vida en la UEB Glucosa de Cienfuegos entre ellos: la identificación de los impactos ambientales que genera la glucosa ácida, uno de sus principales

INTRODUCCIÓN

productos, y la aplicación de mejoras que minimizan los daños ambientales que esta fábrica provoca.

Aporte Social

La investigación contribuye al cumplimiento por parte de la UEB Glucosa de Cienfuegos de las regulaciones vigentes en el país como el Decreto Ley 138: De Las Aguas Terrestres (Artículo 17), la Ley No. 81 del Medio Ambiente (artículo 95), el Decreto Ley 212: Gestión de la zona costera (Artículo 16, inciso g) y la Norma Cubana NC 27:1999 Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado.

Los capítulos de este informe quedan estructurados de la siguiente manera:

Capítulo I: Marco teórico: En este capítulo se analizan los conceptos relacionados con la Gestión con enfoque a procesos, el sistema de gestión Medioambiental como parte del sistema de Gestión integrado. Se estudian diversas herramientas de Gestión Medioambiental y se enfatiza en el Análisis del Ciclo de Vida, sus orígenes, evolución, importancia y las metodologías y software que han surgido para aplicarla

Capítulo II: Caracterización del objeto de estudio: En este capítulo se caracteriza la UEB Glucosa de Cienfuegos y se realiza un análisis de su situación ambiental actual. También se describen las etapas de la herramienta para evaluar el impacto ambiental Análisis del Ciclo de Vida.

Capítulo III: Análisis de los resultados: En este capítulo se evalúa el impacto ambiental de la producción de glucosa ácida en la UEB Glucosa de Cienfuegos aplicando la herramienta ACV y la metodología Eco-Speed, se proponen mejoras ambientales y factibles económicamente para los principales problemas detectados.

Capítulo I



CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se analizan los conceptos relacionados con la gestión con enfoque a procesos, se enfatiza en el sistema de Gestión Medioambiental como parte del sistema de Gestión Integrado y en las características e importancia que tiene su aplicación en una empresa. Gracias a una revisión bibliográfica extensa y actualizada se analizan herramientas de este Sistema de Gestión Medioambiental. Se determina la herramienta Análisis de Ciclo de Vida como una de las más completas y se estudian los conceptos relacionados con esta, su origen y evolución, importancia, las metodologías y software que se han desarrollado para su uso así como su aplicación en la industria alimenticia en Cuba y el mundo. El hilo conductor de la investigación se encuentra en el **Anexo No.1**.

1.1 Sistema de Gestión

El documento ISO (*International Standards Organization*) 9000:2000 define sistema de gestión como "sistema para establecer la política y los objetivos y para el logro de dichos objetivos". Por ello los sistemas de gestión, sea en forma individual o integrada, deben estructurarse y adaptarse al tipo y las características de cada organización, tomando en consideración particularmente los elementos que sean apropiados para su estructuración.

Los sistemas de gestión se aplican en el marco de todas las actividades que se ejecutan en la organización y son válidos solo si cada uno de ellos interactúa con los demás armónicamente. La estructura de los sistemas de gestión debe ser tal que sea factible realizar una coordinación y un control ordenado y permanente sobre la totalidad de las actividades que se realizan (Tor, 2003). Un Sistema de Gestión, por tanto, ayuda a una organización a establecer las metodologías, las responsabilidades, los recursos, las actividades que le permitan una gestión orientada hacia la obtención de esos "buenos resultados" que desea, o lo que es lo mismo, la obtención de los objetivos establecidos (Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas, & Tejedor, 2002).

Los modelos o normas de referencia familia ISO 9000 y modelo EFQM (Fundación Europea para la Gestión de la Calidad) promueven la adopción de un enfoque basado en procesos en el sistema de gestión como principio básico para la obtención de manera eficiente de resultados relativos a la satisfacción del cliente y de las restantes partes interesadas (Beltrán et al., 2002).

1.1.1 Sistema de Gestión con enfoque a Proceso

Primeramente es necesario conocer el concepto de proceso. Las NC-ISO 9000: 2001 definen un proceso como “Una actividad que utiliza recursos y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados”.

Muchos autores han propuesto definiciones del término. Según (Pons, 2006) un proceso no es más que cualquier actividad o conjunto de actividades secuenciales que transforman elementos de entrada (*inputs*) en resultados (*outputs*). Los procesos utilizan recursos para llevar a cabo dicha transformación. Los procesos tienen un inicio y un final definidos. Para consultar otros conceptos ver **Anexo No.2**.

El autor de este trabajo está de acuerdo con estas definiciones y de manera general, según el análisis de los diferentes conceptos se puede definir proceso como el conjunto de actividades secuenciales que transforman elementos de entrada (*inputs*), agregándoles valor, en resultados (*outputs*, bienes o servicios) que satisfacen las necesidades explícitas de clientes, utilizando recursos para llevar a cabo dicha transformación.

Los resultados de un proceso han de tener un valor añadido respecto a las entradas y pueden constituir directamente elementos de entrada del siguiente proceso (Ministerio de Fomento, 2005).

Existen diversas categorías de procesos, pero generalmente se clasifican en: estratégicos, clave y de apoyo (Pérez, Parra, & Ruíz, 2007).

- Los procesos estratégicos: son aquellos procesos que están vinculados al ámbito de las responsabilidades de dirección y principalmente al largo plazo. Se refieren fundamentalmente a procesos de planificación y otros que se consideren ligados a factores claves o estratégicos.
- Los procesos operativos o claves: son aquellos procesos ligados directamente con la realización del producto y/o prestación del servicio. Son procesos de “línea”.
- Los procesos de soporte: son aquellos procesos que dan soporte a los procesos operativos. Se suelen referir a los procesos relacionados con recursos y mediciones.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Luego de conocer qué es un proceso y cómo pueden identificarse se puede hablar de la gestión por procesos.

La Dirección debe dotar a la organización de una estructura que permita cumplir con la misión y la visión establecidas. La implantación de la gestión por procesos se ha revelado como una de las herramientas de mejora de la gestión más efectivas para todos los tipos de organizaciones (Beltrán et al., 2002).

Son varias las definiciones del término gestión por procesos (Ver **Anexo No.3**) pero todas ellas tratan de explicar que la gestión por proceso pretende ver a la organización como un conjunto de procesos, a los cuales se les asignan objetivos, siempre teniendo correspondencia con los objetivos finales de cada organización y con las necesidades y expectativas de los clientes.

Las actuaciones a emprender por parte de una organización para dotar de un enfoque basado en procesos a su sistema de gestión se pueden agregar en cuatro grandes pasos (Beltrán et al., 2002):

1. La identificación y secuencia de los procesos. Una organización puede recurrir a diferentes herramientas de gestión que permitan llevar a cabo la identificación de los procesos que componen la estructura, pudiendo aplicar técnicas de “*Brainstorming*”, dinámicas de equipos de trabajo, etc. Herramienta utilizada: mapa de procesos.
2. La descripción de cada uno de los procesos. La descripción de un proceso tiene como finalidad determinar los criterios y métodos para asegurar que las actividades que comprende dicho proceso se llevan a cabo de manera eficaz, al igual que el control del mismo. Herramientas utilizadas: los diagramas y las fichas de procesos.
3. El seguimiento y la medición para conocer los resultados que obtienen. En esta etapa se identifican, seleccionan y formulan adecuadamente los indicadores, se evalúan y se ejerce el control sobre los mismos. Para el control se pueden utilizar técnicas como histogramas, gráficos de Control, diagramas de Dispersión, etc.
4. La mejora de los procesos con base en el seguimiento y medición realizada. La mejora continua se apoya en el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). En el **Anexo No.4** se muestra una relación de algunas de las herramientas de la calidad más

frecuentemente utilizadas, asociando dichas herramientas con las fases del ciclo PDCA donde más encaja su uso.

La implantación de la Gestión por Procesos ayuda a una mejora significativa en todos los ámbitos de gestión de las organizaciones (Beltrán et al., 2002).

Las diversas partes del sistema de gestión de una organización deben integrarse en un sistema de gestión único, coherente y unificado que utilice elementos comunes. Esto facilita la planificación, la asignación de recursos, el establecimiento de objetivos complementarios y la evaluación de la eficacia. La integración es una forma eficaz de ahorrar costos, mejorar la comunicación dentro de la misma empresa y obtener una mayor integración en la estrategia de la empresa (Tor, 2003).

Dentro de la gestión general de cualquier organización, se debe establecer claramente la estructura de cada uno de los sistemas de gestión particulares y subsecuentemente del sistema integrado (Tor, 2003) que incluye los Sistemas de Gestión de la Calidad, de la Seguridad y de Medio Ambiente además de los sistemas que en la actualidad se están integrando, el de Gestión de Riesgos Organizacionales, Gestión de la Inocuidad de los Alimentos, Gestión Energética y la Gestión integrada del Capital Humano. En relación con el Sistema de Gestión Medioambiental es importante destacar que el Medio Ambiente se está incorporando como una variable adicional a la competitividad de las empresas, influyendo de una forma cada vez más notable en sus relaciones con clientes y proveedores. En el mundo y en Cuba crece la preocupación por las actividades de las organizaciones que puedan afectar de diferentes maneras al medio ambiente. Las industrias del país tienen asociadas, en la mayoría de los casos, una alta producción de desechos contaminantes, por lo que se han visto obligadas a pasar de operar en una situación de absoluta tolerancia en la cuestión ambiental a otra de gran control. De pronto, la minimización de desechos, la prevención de la contaminación, y el reciclaje están presentes en las actividades cotidianas. En otras palabras, por fin se está razonando de manera más seria en producir sin desperdicios y la Gestión Medioambiental se convierte en un sistema de gran importancia en las Industrias.

1.1.2 Sistema de Gestión Medioambiental

La gestión ambiental es el conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la

conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente y el control de la actividad del hombre en esta esfera (Oficina Nacional de Estadísticas, 2006). Es el conjunto de acciones emprendidas por la sociedad, o parte de ella, con el fin de proteger el medio ambiente, 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).

La Gestión Ambiental hace referencia a todas las actuaciones que contribuyen a:

- 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, conforman el Sistema de Gestión Medioambiental (también conocido por su abreviatura SGMA), que proporciona una metodología estructurada dirigida hacia la mejora continua.

Un Sistema de Gestión Medioambiental es un proceso cíclico de planificación, implantación, revisión y mejora de los procedimientos y acciones que lleva a cabo una organización para realizar su actividad garantizando el cumplimiento de sus objetivos ambientales (Martínez, 2003).

Según la Norma ISO 14 001: 2006 un SGMA es 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. El autor de la investigación está de acuerdo con todas las definiciones analizadas.

Para garantizar que el Sistema de Gestión Medioambiental implantado por una empresa es de calidad se utilizan las certificaciones. Estas las dan instituciones externas y ajenas a la empresa y garantizan que su Sistema de Gestión Medioambiental es correcto y adecuado porque cumple un conjunto de normas e instrucciones.

Los principales sistemas de normas de calidad del SGMA son:

1. **Normas UNE (Unión de Normas Españolas).**- Las UNE son un conjunto de normas españolas para muy diferentes asuntos industriales, construcción, etc. Con ellas se unifican los criterios para la realización de miles de actividades: desde la construcción de tornillos hasta la implantación de un sistema de gestión en una empresa. En el campo medioambiental hay varias normas UNE que regulan como deben ser los Sistemas de Gestión Medioambiental (UNE 77-801-94), o como se debe hacer el Análisis de ciclo de vida, etc. Están siendo sustituidas por las normas europeas o internacionales.
2. **Reglamento CEE 1836/93.**- Es el reglamento europeo que establece el Sistema Comunitario de Eco-gestión y Eco-auditoría (EMAS). Las empresas que cumplen las normas UNE 77-801-94 o las ISO 14000 correspondientes pueden solicitar de la Unión Europea la concesión del EMAS, completando algunos requisitos.
3. **Normas ISO.**- Son normas internacionales. La familia de normas ISO 14000 es la que regula la protección del ambiente. Las normas ISO son menos exigentes que las UNE o que las europeas correspondientes, pero tienen cada vez más interés dada la internacionalización de la industria y el comercio.

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 14001:1996. La gran ventaja de desarrollar e implantar un SGMA normalizado ISO, es que proporciona y exige un proceso sistemático y cíclico de mejora continua, también denominado ciclo PDCA (iniciales en inglés de *Plan/Do/Check/Act*) o ciclo de Deming (Figura 1.1).

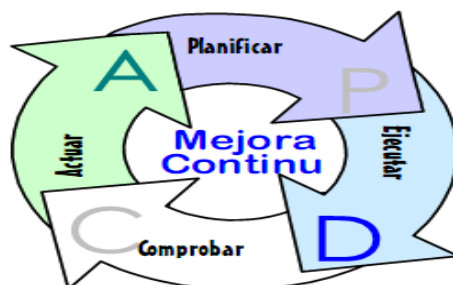


Figura 1.1: Ciclo Deming. **Fuente:**(Tor, 2003)

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Es el 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 (Cordero Hernández & Pérez Noa, 2010). El **Anexo No.5** ayuda a establecer esta relación.

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.

Dentro de las ventajas que se obtienen por la propia implantación del SGMA, están: la reducción de costos de producción, ayuda a conseguir una mejor organización interna, la disminución del riesgo medioambiental, la mejora de la imagen de la empresa, la mejora de las relaciones internas y externas, el aumento de la competitividad, etc. (Conesa & Fernández, 2005).

Cuestiones como la importancia de los impactos medioambientales generados en las fases del ciclo de vida son relevantes para una gestión medioambiental adecuada. El incremento de la sensibilidad de organizaciones empresas hacia cuestiones relacionadas con el medio ambiente obedece tanto a cuestiones relacionadas con los cambios en los valores sociales, a los que los diferentes legisladores han sido sensibles, como a la consciencia de que la inclusión de la sostenibilidad ambiental en sus modelos de gestión incide positivamente en las variables competitivas (Carballo Penela, 2009).

Una vez que los conceptos de sostenibilidad ambiental son incluidos en las Agendas mundiales y se comienzan a establecer como necesarios para el sector industrial, este se ve obligado a emplear herramientas de Gestión Medioambiental para conocer todas las interrelaciones que desde el punto de vista medioambiental ocurren a lo largo del ciclo de vida de los productos.

1.2 Herramientas del Sistema de Gestión Medioambiental

El impacto ambiental de un producto inicia con la extracción de las materias primas y termina cuando la vida útil del producto finaliza, convirtiéndose en un residuo que ha de ser gestionado adecuadamente. Durante la fabricación, las empresas deben evaluar el impacto ambiental que tiene su proceso, además tienen la responsabilidad sobre el impacto que ocasionan las partes involucradas en el proceso hasta que el producto llega al cliente consumidor (García Bermúdez, 2011).

Todos los Sistemas de producción, procesos o servicios poseen un ciclo de vida que está compuesto por varios subsistemas conectados entre sí en forma de flujo progresivo, se inicia con la adquisición de las materias primas, pasando por otros subprocesos intermedios, hasta llegar al final de su vida útil cuando son llevados a vertederos (Carvalho Filho, 2001). Todo el proceso de este ciclo de vida se considera el ciclo completo, y es común denominarlo desde la “cuna hasta la tumba”, entre tanto, mientras exista la posibilidad de la reutilización o reciclado, la denominación del proceso puede cambiar y asumir otra disposición, como por ejemplo de la “cuna hasta la cuna”, o desde la “cuna hasta la puerta” (Carvalho Filho, 2001).

Cualquier método de evaluación, ambiental, económico o social debe tomar en cuenta el ciclo de vida completo del sistema a evaluar, desde la extracción de materiales, producción, uso, reciclaje y disposición final, es decir tener un enfoque sistémico. El enfoque de ciclo de vida es un prerequisite para cualquier evaluación sólida de sustentabilidad, esto permitirá evitar que se transfieran impactos a la sociedad, a la economía o al ambiente o en otras partes o etapas del sistema analizado. Pero tener esta perspectiva de ciclo de vida no es suficiente, ya que es preciso conocer la magnitud de los riesgos y oportunidades, y para ello son necesarias las herramientas cuantitativas (Nydia Suppen & van Hoof, 2005).

Para poder estudiar todas las interrelaciones desde el punto de vista medioambiental que ocurren a lo largo del ciclo de vida, es necesario el empleo de métodos fiables que cuantifiquen o valoren todas estas acciones y sus efectos. Así, a la hora de tratar este tema es necesario proporcionar las respuestas adecuadas para atender a los objetivos esperados, entonces habrá que emplear herramientas que permitan medir los diversos tipos de parámetros, tanto aquellos clasificados de cuantificables como los de difícil cuantificación. Entre los parámetros cuantificables están

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

incluidos los relacionados con el consumo de materias primas, consumo de agua y energía, emisiones de efluentes líquidos, emisiones de gases a la atmósfera, residuos sólidos, generación de coproductos, etc. Estos parámetros, pueden ser tratados a través de modelos, como por ejemplo, los de la base conceptual del análisis del ciclo de vida. Mientras los de difícil cuantificación, por ejemplo, los riesgos potenciales, cambios geográficos, impactos visuales del entorno o escasez de recursos son tratados con otras herramientas desarrolladas para tal fin (Álamo, González, & Sumpsi, 1998; Trinius, 1999).

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.

En la tabla 1.1 se presentan algunas de las principales herramientas hoy disponibles para la gestión medioambiental de sistemas de producción o producto (SETAC, 1999).

Tabla 1.1: Herramientas conceptualmente similares usadas en los sistemas de gestión Medioambiental. **Fuente:** Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC, 1999).

<i>RA – Risk Assessment</i>	Análisis de riesgo ambientales
<i>EIA – Environmental Impact Assessment</i>	Estudio del impacto ambiental
<i>EAu – Environmental Auditing</i>	Auditoría ambiental
<i>EPE – Environmental Performance Evaluation</i>	Evaluación del comportamiento ambiental
<i>SFA – Substance Flow Analysis</i>	Análisis del flujo de sustancia
<i>EMA - Energy and Material Analysis</i>	Análisis de material y energía
<i>ISCM – Integrated Substance Chain Management</i>	Gestión integral de sustancia
<i>PLA – Product Line Analysis</i>	Análisis de línea de producto
<i>LCA – Life Cycle Assessment</i>	Análisis del ciclo de vida

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Diferentes tipos de decisiones requieren diferentes herramientas de decisión. Por ejemplo, seleccionar un lugar idóneo para construir una determinada planta industrial es una decisión que se basa en los estudios de evaluación del impacto ambiental (EIA), mientras que para el diseño de eco-productos se utiliza el Análisis del Ciclo de Vida (ACV). Así pues, para ejecutar el primero, el objeto de estudio es un proyecto; para el ACV, se trata de un producto o servicio y para la auditoría ambiental (AA), generalmente es una empresa o planta industrial (García Bermúdez, 2011).

El **Anexo No.6** presenta, de forma resumida, los objetivos, puntos fuertes y débiles de cada una de las metodologías descritas basándose en la fuente del (SETAC, 1999). 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. (Wrisberg et al., 1997) consideran que a pesar de que en algunos casos no sea posible realizar el análisis del ciclo de vida completo de un producto, asimismo el ACV aún resulta útil como herramienta para la gestión medioambiental de sistemas de producción, pues posibilita identificar el foco del problema, optimizar el uso de los recursos materiales o energéticos y gestionar los residuos producidos.

El ACV es una herramienta de gestión Medioambiental que identifica tanto a los recursos usados como a los residuos que se generan y se emiten a los vectores ambientales (aire, agua y suelo) a lo largo de todo el ciclo de vida (desde la cuna hasta la tumba) de un bien o un servicio específico (Carvalho Filho, 2001). Es la única herramienta de manejo ambiental que incluye todos los pasos del ciclo de vida de un producto o servicio. En consecuencia es un valioso complemento de otros métodos en la industria, tal como el concepto de producción “limpia” (*cleaner production*) que enfoca su análisis en el desempeño del lugar de producción (Iglesias, 2005).

Luego de un estudio detallado de las características de las diferentes herramientas y teniendo en cuenta las razones anteriormente expuestas se determina utilizar para la investigación la herramienta Análisis del Ciclo de Vida.

1.3 El Análisis del Ciclo de Vida, una herramienta de Gestión Medioambiental

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que permite evaluar los impactos ambientales de productos o servicios de una forma global porque considera todas las etapas del

ciclo de vida (Figura 1.2), desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final y todos los vectores involucrados.

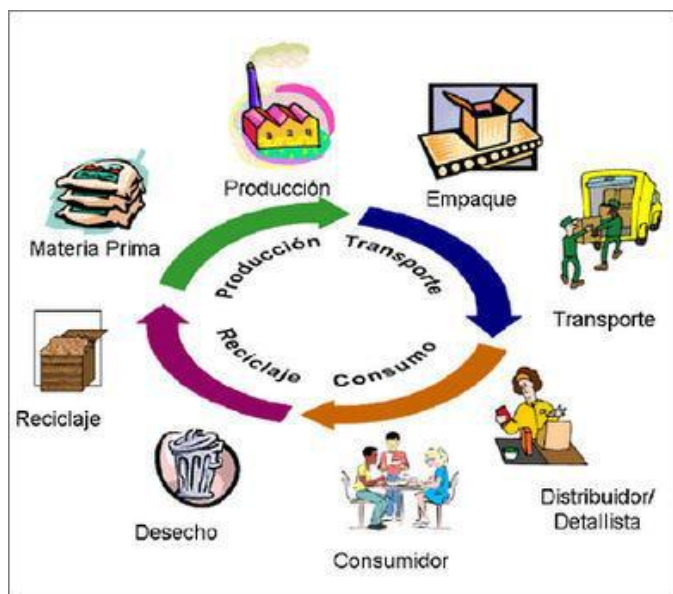


Figura 1.2: Etapas del Ciclo de Vida para un Producto. **Fuente:** Ecodiseño Centroamérica 2008

El análisis de ciclo de vida (ACV), en teoría, es un método analítico (Chacón Vargas, 2008) que contempla y hace una interpretación de los impactos ambientales potenciales de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida. De acuerdo a la NC ISO 14 040: 1999, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto: compilando un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos ambientales potenciales asociados a esas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio”. El análisis incluye entonces la extracción de materias primas, producción, transporte, distribución, uso, reciclaje y disposición final (Chacón Vargas, 2008).

Dentro de las diferentes fases del ciclo de vida, los impactos en la **fase de extracción de materia prima** están relacionados con el origen del material. Materiales no-renovables tienen un impacto mayor a materiales renovables. Además la energía necesaria en el proceso de extracción, es un factor determinante en esta fase.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En la **fase de producción**, la efectividad y la cantidad de los insumos en el proceso de producción como la energía y el agua, al igual que los residuos de producción y emisiones son factores determinantes importantes en el impacto ambiental.

El medio de transporte, la distancia y los tipos de empaques son determinantes del impacto ambiental durante la **fase de distribución**. Especialmente para productos que requieren energía y/o necesitan agua u otros aditivos para su funcionamiento **la fase del uso** puede resultar como una de las fases prioritarias en el impacto ambiental.

El tratamiento en la última fase del ciclo de vida, la **disposición final** juega un papel importante respecto al impacto ambiental para los casos en los que la vida útil del producto es muy corta. Especialmente para los envases y los empaques esta fase determina gran parte del impacto total durante el ciclo de vida (Nydia Suppen & van Hoof, 2005).

The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) define al ACV como “Proceso objetivo para evaluar cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad identificando y cuantificando el uso de materia y energía y los vertidos al entorno; para determinar su impacto en el medioambiente y evaluar y poner en práctica estrategias de mejora medioambiental”. Con las definiciones analizadas se está totalmente de acuerdo.

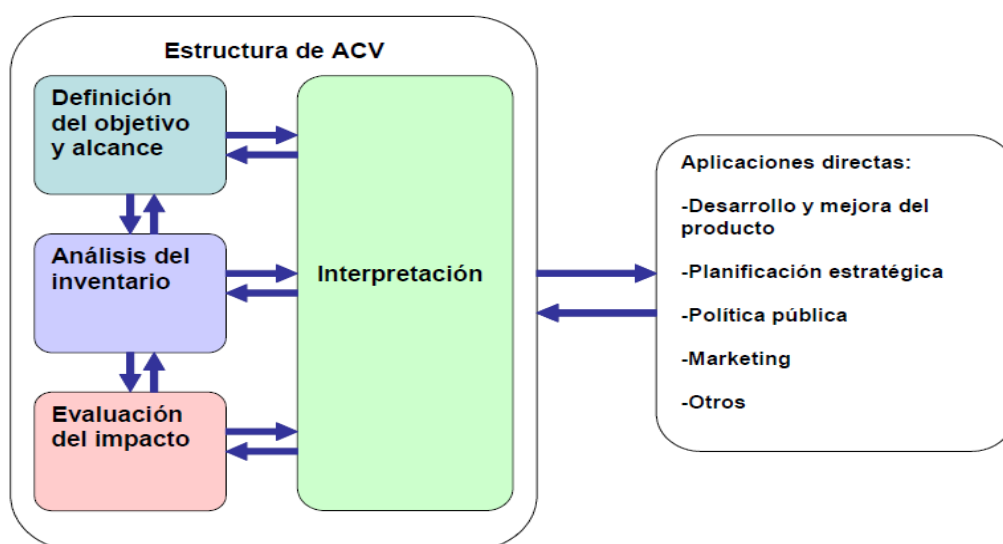


Figura 1.3: Fases del Análisis del Ciclo de Vida. **Fuente:** (ISO 14040, 2006)

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

El ACV es un proceso en el que se reconocen las siguientes etapas (ISO 14040, 2006):

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

En la Figura 1.3 se ilustran las conexiones entre estos cuatro pasos y se puede reconocer que se trata de un proceso iterativo, el cual permite incrementar el nivel de detalle en sucesivas iteraciones (Güereca Hernández, 2006).

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

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

Debido a su naturaleza global, un ACV completo puede resultar extensísimo. Por esta razón se deben establecer unos límites que deben estar perfectamente identificados. Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios se deben incluir dentro del ACV. Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y las limitaciones económicas y el destinatario previsto (Güereca Hernández, 2006).

El análisis de inventario del ciclo de vida (ICV), comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema, tomando como referencia la unidad funcional. Esas entradas y salidas pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema a lo largo del ciclo de vida, es decir, desde la extracción de las materias primas hasta la disposición final. Las interpretaciones pueden sacarse de esos datos, dependiendo de los objetivos y alcance del ACV. Esos datos también constituyen las entradas para la evaluación de impacto de ciclo de vida (NC ISO 14 040, 1999)

La Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida (EICV), va dirigida a evaluar la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario. En general, este proceso implica la asociación de datos del inventario con impactos ambientales específicos tratando de valorar dichos impactos. El nivel de detalle, la elección de impactos evaluados y las metodologías usadas dependen del objetivo y alcance del estudio (NC ISO 14 040, 1999).

Finalmente, **la interpretación** que es la fase de un ACV donde se evalúan los resultados y se plantean conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance del estudio (NC ISO 14 040, 1999).

El término Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es todavía joven pero por sus aplicaciones y factibilidad se ha propagado por el mundo en un corto período de tiempo.

1.3.1 Surgimiento y evolución del Análisis del Ciclo de Vida

A pesar que el ACV se ha tomado en cuenta con especial atención desde el principio de los años 90, los primeros desarrollos metodológicos datan de los años 60. En 1969 Harry E. Teasley, de *Coca Cola Company*, encarga un estudio al *Midwest Research Institute* (MRI), con el objeto de cuantificar la energía, materiales y consecuencias ambientales a lo largo del ciclo de vida completo del envase, desde la extracción de la materia prima hasta su disposición final. A este trabajo se le denomina “Análisis del perfil ambiental y de recursos” (*Resources and Environmental Profile Analysis*, Repa) (Ayres, 1995; Hunt & Franklin, 1996). A partir de este estudio en Estados Unidos se empieza a llamar Repa a la metodología para cuantificar los recursos y las descargas ambientales de los productos, al tiempo que se buscaba perfeccionar cada vez más dicha metodología en ese país.

En Europa, estudios similares se realizan en la década de los sesenta. En Gran Bretaña, Lan Boustead realiza un análisis de la energía consumida en la fabricación de envases (de vidrio, plástico, acero y aluminio) de bebidas. Pero fue a partir de los años ochenta cuando la aplicación del ACV se incrementa. En esta misma década se desarrollan dos cambios importantes: primero, los métodos para cuantificar el impacto del producto en distintas categorías de problemas ambientales (tal como el calentamiento global y agotamiento de los recursos); y segundo, los estudios de ACV comenzaron a estar disponibles para uso público (Chacón Vargas, 2008).

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En 1990 se desarrolla el primer taller de la Sociedad de Toxicología Ambiental y Química (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*, SETAC), organización líder en el desarrollo y promoción de metodologías para el ACV, para discutir la metodología y utilidad de los Repa. Un resultado que cabe destacar de este encuentro fue la adopción en Estados Unidos del término “*Life Cycle Assessment*” (evaluación de ciclo de vida o análisis de ciclo de vida), acogido posteriormente por la comunidad internacional estudiosa de este tema. Dentro de las actividades que realiza el SETAC, se puede destacar la creación de un círculo de apoyo de miembros industriales llamado SPOLD (*Society for the Promotion of LCA Development*) para promover el desarrollo de la metodología (Chacón Vargas, 2008).

Para ajustar los diferentes conceptos involucrados el SETAC establece las reglas para el ACV aprobadas internacionalmente, de esta forma se crea el “código de práctica” en 1993 en Sessimbra (Portugal). Esto fue un incentivo importante para la Organización Internacional de Estandarización (ISO), la cual se responsabiliza, y en mayo de 1997 diseña la norma ISO 14040: Análisis del Ciclo de Vida, Principios y Aplicaciones, la cual fue aprobada por 60 países. El ACV es ahora la herramienta de análisis ambiental más utilizada que posee un estándar internacional (Chacón Vargas, 2008).

En el 2000 se incrementa la elaboración de estudios de ACV en todo el mundo, con énfasis en el tema de los combustibles fósiles, biocombustibles, energía nuclear y energías renovables para producir electricidad, y perfeccionamiento de la metodología para hacer ACV (Chacón Vargas, 2008). Países del Asia son también líderes en la adopción del ACV.

Muchos han sido los eventos, asociaciones y publicaciones (artículos, revistas) que han surgido y desarrollado en todo el mundo con el objetivo de difundir el estudio del ACV como una herramienta útil y factible para la gestión Medioambiental. En el **Anexo No.7** se encuentra una cronología detallada del ACV y en el **Anexo No.8** la evolución histórica y tendencias del análisis de ciclo de vida, que ofrecen una idea del impulso y tendencias que partir de los años noventa ha tenido esta herramienta de gestión Medioambiental.

1.3.2 Aplicaciones e importancia del ACV

Existen diferentes usos y aplicaciones del ACV, como primer enfoque se pueden clasificar sus usos como generales y particulares (Sonnemann, Castells, & Schuhmacher, 2003). Las aplicaciones generales incluyen:

- Comparación de diferentes alternativas
- Identificar puntos de mejora ambiental
- Tener una perspectiva global de problemas ambientales y evitar generar nuevos problemas
- Contribuir al entendimiento de las consecuencias ambientales de las actividades humanas.
- Conocer las interacciones entre un producto o actividad y el medio ambiente lo más pronto posible
- Dar información que apoye a los tomadores de decisiones a identificar oportunidades para mejoras ambientales.

Las aplicaciones particulares incluyen:

- Definir el desempeño ambiental de un producto en su ciclo de vida
- Identificar los pasos más relevantes en un proceso de manufactura relacionados a un impacto ambiental
- Comparar el desempeño ambiental de un producto con otros que den un servicio similar.

El ACV permite una comparación total de todos los impactos ambientales del sistema de diferentes alternativas de productos que entregan una función o desempeño equivalente, de aquí se derivan las siguientes oportunidades del uso del ACV (Güereca Hernández, 2006):

- Los consumidores pueden seleccionar productos que son más “verdes” (productos que son menos dañinos al ambiente).
- Los productores pueden fabricar productos de menor impacto ambiental.

La ventaja del ACV es que al usarle, los tomadores de decisiones pueden evitar generar nuevos problemas ambientales al corregir otros, o crear problemas ambientales en otras etapas del ciclo de vida (Norris, N. Suppen, do Nascimento, & Ugaya, 2004).

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En cuanto a los aspectos financieros, el ACV puede ser útil para disminuir los costos en la medida que el nuevo diseño y los nuevos procesos de fabricación, transporte y distribución, entre otros, promueve una mayor eficiencia en la asignación y el empleo de materias primas, insumos y energía (Cordero Hernández & Pérez Noa, 2010).

Conforme los especialistas, el ACV es una herramienta importante en la obtención de información detallada para el proceso de toma de decisiones en ingeniería. Así, si existe la oportunidad de escoger entre una gama de materiales y procesos de obtención y manufactura, las decisiones solamente pueden ser consideradas coherentes si fuesen tomadas con base en el análisis crítico, en particular al histórico de los materiales a ser empleados en la producción industrial (Carvalho Filho, 2001).

Una gran importancia 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 “problema *shifting*”) (Iglesias, 2005). En la tabla 1.2 se encuentran algunas fortalezas y debilidades del ACV.

Tabla 1.2: Fortalezas y Debilidades del Análisis del ciclo de Vida. **Fuente:** (Iglesias, 2005)

FORTALEZAS DEL ACV	DEBILIDADES DEL ACV
• Enfoque conceptual holístico, sistémico • Es la articulación entre el criterio ambiental a través de todo el ciclo de vida y las estrategias de la empresa y planificación para alcanzar beneficios comerciales. • Está incorporado a las Normas ISO 14000 • (Homologación y transparencia internacional) • Validación de Ecolabels (I y II)	• Enfoque holístico • Límites prácticos en su aplicación: • Insume mucho tiempo (Inventario), que conlleva a mayores costos y difícil interpretación de relacionar los inventarios a análisis de impactos.

Diversas metodologías han surgido para el desarrollo del ACV, para determinar cuál es la indicada para esta investigación es necesario conocerlas.

1.4 Metodologías del Análisis del Ciclo de Vida

1.4.1 Eco-indicador99

El **Eco-indicador 99** es un método ACV especialmente destinado al diseño de productos, y ha demostrado ser una poderosa herramienta para los diseñadores a la hora de interpretar los resultados de los LCA mediante sencillos números o unidades, los llamados Eco-indicadores.

El Eco-indicador de un material o proceso consiste en un número que indica el impacto ambiental de dicho material o proceso, a partir de los datos obtenidos del Análisis de Ciclo de Vida. Cuanto mayor es el indicador, mayor es el impacto ambiental. En el Eco-indicador 99 se define el término “medio ambiente” según tres tipos de daños: a la salud humana, a la calidad del medio ambiente y a los recursos (Goedkoop & Spriensma, 2001).

La figura 1.4 ilustra los tres pasos a seguir para calcular los Eco-indicadores:

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.

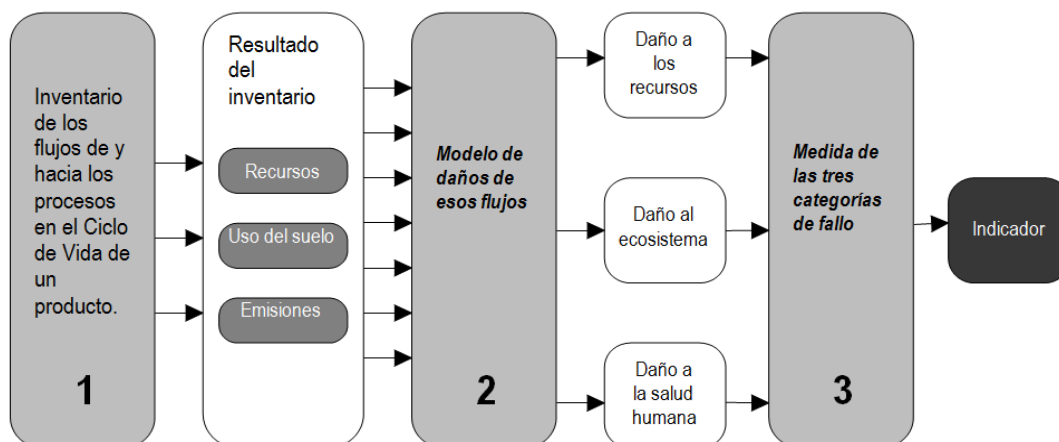


Figura 1.4: Procedimiento General del Cálculo de los Eco-indicadores. **Fuente:**(Goedkoop & Spriensma, 2001).

Para profundizar más en la metodología del **Eco-indicador 99** se puede consultar (Goedkoop & Spriensma, 2001).

1.4.2 Impact 2002 +

La metodología para análisis de impacto del Ciclo de Vida **Impact 2002+** propone una implementación factible de la combinación de los puntos intermedios/aproximación de daños, uniendo todos los tipos de resultados de los recuentos (flujos elementales y otras intervenciones) a través de 14 categorías de puntos intermedios, hasta 4 categorías de daños (Jolliet, 2003).

Para el Impact 2002 +, nuevos conceptos y métodos han sido desarrollados, especialmente para la valoración comparativa de la toxicidad humana y ecotoxicidad. Los factores de daños humanos son calculados para carcinógenos y no- carcinógenos, empleando fracciones de entrada, los mejores estimados de factores de inclinación de respuesta ante dosis, así como también severidades (Jolliet, 2003).

La transferencia de contaminantes dentro del alimento humano no está basada ya más en la exploración de las fuentes de consumo pero cuenta para la agricultura y los niveles de producción de ganado. Las emisiones de gases internas y al aire libre pueden ser comparadas y la calidad intermitente de las precipitaciones es considerada. Tanto la toxicidad humana y los factores del efecto de la ecotoxicidad se basan preferiblemente en dar respuestas a conjeturas conservativas. Otras categorías de puntos medios son adaptadas por la caracterización de métodos existentes (Eco-Indicador 99 y CML 2002). Todos los resultados de los puntos medios son expresados en unidades substanciales de referencia y relacionados a 4 categorías de daños a la salud humana, calidad del ecosistema, cambios climáticos y recursos. La normalización puede ser desarrollada por ambas categorías los puntos medios o los niveles de daños. El método Impact 2002+ posee factores de caracterización para más de 1500 resultados de impactos de ciclo de vida diferentes. Para más información consultar (Jolliet, 2003).

1.4.3 ReCiPe 2008

ReCiPe 2008 es un método para el Análisis del Impacto en el Ciclo de Vida que provee una receta para calcular indicadores de categoría de impacto del Ciclo de Vida. Las siglas representan las iniciales de los institutos contribuidores principales para el proyecto y colaboradores muy importantes en su diseño: RIVM y la Universidad de Radboud, CML, y consultores de PRé.

Este método se construye sobre la base de Eco-indicator 99 y CML Handbookon LCA. Cuenta con 18 categorías de impacto como son el cambio climático, la reducción de la capa de Ozono, la reducción de agua, de recursos minerales, de combustible fósil etc. y tres categorías de daño: el daño a la salud humana, daño a la diversidad del ecosistema, y daño para la disponibilidad de recurso (Goedkoop et al., 2009).

1.4.4 Eco-Speed

Las metodologías del Análisis del Ciclo de Vida que son aceptadas internacionalmente se desarrollaron por sus regiones de origen, es decir, se tomaron valores específicos de las zonas donde surgieron, por tanto a la hora de utilizar estos métodos en regiones con características diferentes es necesario tener en cuenta que el peso de los valores no tiene que ser igual para todos los países y que pueden existir diferencias en los valores de normalización con los valores de referencia legítimos de un país o región.

Ante esta situación se hace necesaria una metodología de ACV aplicable en países de América Latina que cuentan con características similares entre ellos y muy diferentes comparados con otras regiones del mundo. El MSc. Berlan Rodríguez Pérez, profesor de la Universidad de Cienfuegos, Cuba e investigador de la Red Latinoamericana de Análisis de Ciclo de Vida desarrolla una metodología denominada **Eco-Speed** que incluye características específicas de esta región de América.

Este método 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 como que afectan el mecanismo ambiental (García Bermúdez, 2011).

Eco-Speed cuenta con 3 categorías de daño, las que son afectadas por 13 categorías de impacto (Ver Anexo No.9). En este nuevo método las categorías de Toxicidad se calculan para las regiones específicas de América Central y el Caribe, Sur América y América Latina. La sensibilidad para el factor de caracterización de toxicidad se mejora usando estimaciones con Bayesian Neurales Networks Classifiers, BNNC (la inteligencia artificial) (Rodríguez Pérez, 2011).

Eco-speed pretende ser una metodología apropiada para el análisis del ciclo de vida ambiental de un producto, surge de la necesidad de los países de la región latinoamericana de un método aplicable en esta región y que evite las incertidumbres producidas al aplicar metodologías de países europeos o desarrollados. Por las características analizadas que tiene la metodología de ACV Eco-Speed se decide que es la más factible para utilizar en esta investigación.

A raíz de la aplicación que ha tenido en todo el mundo el Análisis del Ciclo de Vida como herramienta de Gestión Medioambiental se han desarrollado distintas herramientas informáticas y bases de datos para utilizarla.

1.5 Herramientas Informáticas para el Análisis del Ciclo de Vida.

Las herramientas informáticas poseen distintas necesidades de hardware y software. La mayoría de estas disponen de una base de datos muy completa que incluye datos de estudios realizados o de asociaciones industriales, pero hay que tener en cuenta la cantidad, la calidad, así como la procedencia de los mismos (Rodríguez Pérez, 2007).

1.5.1 GaBi 5

El programa de evaluación del ciclo de vida GaBi 5 es lanzado por la compañía de consultoría de sostenibilidad *PE International*. Esta nueva versión de GaBi proporciona una base de datos que detalla el impacto energético y ambiental de la contratación y el perfeccionamiento de todos los elementos de crudo o procesado de un producto manufacturado. También permite el análisis de impacto de un producto sobre el medio ambiente y presenta alternativas para la fabricación, distribución, reciclaje, la contaminación y la sostenibilidad. Las mejoras incluyen facilidad de uso, funcionalidad, modelado, elaboración de informes y mejoras de las comunicaciones, así como el acceso a las nuevas bases de datos de PE '11 - bases de datos profesionales y de

extensión totalmente actualizados. Otros beneficios importantes son la toma de decisiones más precisas a partir de un modelado más rápido (más rápida y eficaz realización ACV) y fiable exactitud de los datos, cuenta con una herramienta de búsqueda inteligente para el acceso a objetos de las bases de datos PE'11.

1.5.2 SimaPro 7.3.3

SimaPro es un programa desarrollado por la empresa holandesa PRé Consultants, que permite realizar Análisis de Ciclo de Vida (ACV), mediante el uso de bases de datos de inventario propias (creadas por el usuario) y bibliográficas (BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM). SimaPro 7.3.3 ofrece una herramienta profesional para almacenar, analizar y realizar un seguimiento del rendimiento ambiental de sus productos y/o servicios. Con esta herramienta se facilita el análisis y la representación gráfica de ciclos complejos de un modo sistemático y transparente. Cuenta con todas las características que se espera de un paquete de software LCA profesional: una familia de productos completa, con una solución SimaPro para cualquier necesidad; intuitiva interfaz del usuario; modelaje sencillo, con poderosos *wizards* que lo pueden asistir; modelaje con parámetros y análisis de escenarios; ACV híbrido con entradas y salidas para la información; conexión directa con Excel o bases de datos ASP; cálculos de evaluación de impacto directo en cada etapa de su modelo; análisis de Monte Carlo; análisis de resultados interactivos; agrupación de los resultados; vastas opciones de filtraciones para todos los resultados, entre otras funciones.

1.5.3 openLCA

Este software de Análisis de Ciclo de Vida, desarrollado por Green DeltaTC, es disponible como fuente abierta y diseñado como una estructura muy modular y flexible, permitiendo que diferentes tarjetas madre y módulos sean incluido. Algunos de los módulos se ejecutan como aplicaciones autónomas.

El marco de openLCA es desarrollado en Eclipse, que es de código abierto en sí. Eclipse provee un eficiente modelo de Arquitectura Orientada a los Servicios (SOA), de hecho, es la aplicación de referencia de SOA que frecuentemente es implementada en software de empresas muy importantes. La consecuencia práctica de SOA hace al software altamente modular, fácil adaptar

a necesidades específicas, incluso en tiempo de ejecución, con módulos que se ejecutan, opcionalmente, como aplicaciones de software independientes. Esto permite implementar una variedad amplia de diferentes métodos y accesorios, dando ricas funciones marco y al mismo tiempo mantener la pequeña aplicación. Se suministra una intuitiva y rápida interfaz de usuario para aplicaciones, venciendo una desventaja vieja de programas de Java. Adicionalmente, se integran otros de código abierto y paquetes de software, por ejemplo, para visualizar el inventario red de procesos. El convertidor de formato se ejecuta como una aplicación independiente y puede convertir múltiples conjuntos de datos en modo batch. El carácter de fuente abierta del software permite modificar y adaptar el software a las necesidades específicas. El software es libre de utilizar las aplicaciones de la licencia de apertura, donde las tasas son críticas. Los usuarios pueden, muy racionalmente, seleccionar el formato que mejor almacena los datos que necesiten para un propósito especial. Proveyendo el convertidor, se mejora la disponibilidad de datos, más fácil el intercambio de datos, y el modelo de LCA se beneficia de una mejor calidad de datos (Ciroth, 2007).

En el **Anexo No.10** se encuentra un resumen de programas informáticos desarrollados para el ACV. Algunos criterios útiles y que se pueden contrastar para el análisis de las herramientas informáticas anteriormente analizadas son: los requerimientos del software, la introducción del modelo, los datos (protección de los datos), la flexibilidad (utilización de distintas unidades, uso de fórmulas), cálculos y comparaciones (análisis de incertidumbre, evaluación de los impactos y la comparación de los resultados) y la salida (presentación de los distintos resultados) (Rodríguez Pérez, 2007). Para la investigación se dispone del software openLCA que cumple con los requisitos necesarios.

Si bien Latinoamérica no tiene los avances, desarrollo y conocimientos de algunos países desarrollados en materia del ACV, se ha fomentado la aplicación de esta herramienta en países como México, Chile, Colombia, Argentina, Brasil y Cuba.

1.6 Aplicación del ACV en América Latina y en Cuba

Del 25 al 28 de abril de 2005 se lleva a cabo en Costa Rica la Primera Conferencia Internacional de Ciclo de Vida en Latinoamérica (conocida también como Cilca 2005) y en ese escenario se funda la Asociación de Ciclo de Vida de Latinoamérica (Acvla) para el desarrollo y promoción

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

del ACV en la región. Acvla tiene sus oficinas centrales en Costa Rica y es el vocero oficial de Latinoamérica para representar los intereses y actividades realizadas en ACV. En el 2007 se realiza una segunda conferencia (Cilca 2007) en São Paulo (Brasil), la tercera en Chile en abril de 2009 y una cuarta reunión se desarrolla en el 2011 en México.

Se destaca la creación de la Red Latinoamericana de Ciclo de Vida, la cual nace en el año 2003 y produce en el 2004 la publicación titulada “El Análisis de Ciclo de Vida ISO 14040 en Latinoamérica”.

A pesar de ser el ACV una herramienta que aún está en una etapa temprana de su desarrollo, se puede decir que Cuba va a la vanguardia en cuanto a estudios de este tipo. Se destaca en este tipo de estudios La Universidad Central de las Villas, donde existen un grupo de doctores que han aplicado esta herramienta, entre ellos la doctora Elena Rosa Domínguez, directora del Centro de Estudios de Química Aplicada. Este centro, 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). El mencionado centro de la Facultad de Química Farmacia realiza, en la región central, evaluaciones sobre los residuales líquidos, sólidos, gaseosos y tóxicos peligrosos.

En la última Conferencia Internacional de Ciclo de Vida en Latinoamérica efectuada en México en el 2011 (CILCA 2011) participan un grupo de investigadores cubanos que aportan sus experiencias en el tema, ejemplo de estos trabajos son: “El Análisis de Ciclo de Vida de los desechos sólidos generados en la playa Santa María” presentado por Ronaldo Santos Herrero, “La huella ecológica e indicadores de sostenibilidad ambiental sobre el campus de la Universidad Central Marta Abreu de las Villas” presentado por J. Leiva Mas, “Desarrollo de los inventarios parametrizados del ciclo de vida y modelado de perfiles ambientales para la producción de azúcar cruda en Cuba” de MSc. Maylier Pérez Gil, “Aplicación de la metodología de valoración del ciclo de Vida para la evaluación de un molino de azúcar de mimbres cubano, por medio de inventarios parametrizados” de Ana Margarita Contreras Moya todos estos trabajos desarrollados en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Química Farmacia y cuentan con el apoyo de la doctora Elena Rosa Domínguez. En este encuentro también participa el MSc Berlan Rodríguez Pérez profesor de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez” que presenta una nueva metodología de Análisis de Ciclo de Vida adaptada a las condiciones de los

países latinoamericanos denominada Eco-Speed. Como se puede comprobar muchos son los trabajos realizados sobre el tema en nuestro país en distintas ramas de la industria por ser estas principales fuentes contaminantes del medio ambiente.

Se puede citar el caso de la Empresa Arrocera en la provincia de Holguín, que aplica esta herramienta, se realiza un análisis desde el punto de vista energético y su influencia sobre el medio ambiente, tomando como referencia la producción arroceras actual en la provincia de Granma, específicamente el estudio en el CAI arrocero Fernando Echenique (Cordero Hernández & Pérez Noa, 2010).

La producción de alimentos contribuye a la disminución de los recursos naturales, a la contaminación del medio ambiente y al cambio climático como cualquier otro proceso industrial y las posibilidades de mejora constituyen uno de los retos más importantes de la industria alimentaria.

1.7 Aplicación del ACV en el Sector Alimenticio

El suministro de alimentos satisface una necesidad humana básica. Como los tradicionales sistemas de producción de alimentos han dado lugar a intensos métodos con el fin de satisfacer la creciente demanda del aumento de la población, la producción de alimentos se ha convertido en un importante contribuyente al agotamiento de los recursos naturales, cambio climático y la contaminación (Nonhebel, 2004; Suh et al., 2005). Como resultado de la industrialización, la producción de alimentos requiere un uso más intensivo de energía. El poder humano ha sido sustituido por energía mecánica, lo que ha conducido a un mayor uso de los recursos energéticos fósiles. En la pesca, por ejemplo, los barcos de vela y botes de remos han sido reemplazados por los barcos de propulsión mecánica. Cada vez más, insumos para la producción son importados a las granjas para la producción agrícola (Stern et al., 2005). La compra fuera de la finca de fertilizantes de estiércol, inorgánicos y alimentos, da como resultado el aumento del transporte y la producción de subproductos que no pueden ser utilizados en la explotación. Salidas deben ser transportadas al mercado o manejadas como desecho. La producción también ha cambiado de los cultivos mixtos a los monocultivos, lo que representa un nuevo desafío medio ambiental.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Los consumidores afectados están pidiendo cambios para hacer frente a estos temas. Los políticos y los productores por lo tanto requieren información científicamente defendible sobre los productos alimenticios y sistemas de producción (Ziegler & Hansson, 2003). En los últimos años, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se ha desarrollado como una herramienta importante en el mejoramiento del comportamiento medioambiental de los sistemas de producción de alimentos. De acuerdo con ISO14040, el ACV puede ser utilizado en el desarrollo de productos y la mejora de la planificación estratégica, desempeño ambiental de la selección de indicadores y la comercialización (ISO 14040, 2006).

Las consideraciones analizadas anteriormente constituyen los factores relevantes que llevan a una de las más importantes empresas de comida italiana y líder mundial en la industria de la pasta de sémola seca, Barilla, a entender mejor la eficiencia ambiental en el contexto del ciclo de vida de sus productos y a la adopción de la metodología del ACV para el estudio de las cadenas de producción de la materia prima de abastecimiento a la distribución de los productos finales (*eco-profile*), incluida la fase final (de cocina) y el destino final de los envases. El estudio del ACV del "Spaghetti n° 5" (que representa el corte de la pasta más relevante entre la gama de productos de Barilla) recomienda tener en cuenta el alto consumo de agua y las emisiones de CO₂. En consecuencia, Barilla está desarrollando un proyecto con el fin de profundizar en el tema del contenido de agua (Ruini & Marino, 2009).

El pensamiento del ciclo de vida está ganando terreno en la industria de los granos, porque los consumidores están cada vez más interesados en el impacto sobre el medio ambiente de los alimentos que compran y comen. Como respuesta, el sector australiano de los cereales espera demostrar una actitud progresista hacia la solución de cuestiones ambientales de los sistemas de producción de alimentos en los mercados tanto nacionales como internacionales. Como parte del cumplimiento de este objetivo se decide aplicar la herramienta de ACV a productos de granos cultivados, procesados y consumidos en el oeste de Australia. En estos estudios se incluye el cultivo y procesamiento de trigo, la cebada y la colza (semilla de canola) para producir y consumir pan, cerveza y aceite de cocina. Los resultados de la investigación concluyen que en la etapa pre-agrícola y la agricultura sub-sistema contribuyen con más del 90% del total terrestre de ecotoxicidad en la cadena de suministro de los tres granos. La estrategia esencial para la gestión de productos químicos en la granja entonces debe incluir:

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

- Selección de los niveles de dosis de toxicidad más bajos posibles.
- Cambiar a químicos ambientalmente benignos de plagas o el sistema de control de malezas.

Los resultados revelaron que la producción de canola y el aceite de cocina (derivado de la colza) son estratégicamente los segmentos más importantes para iniciar las oportunidades de reducción del impacto, mientras en orden de prioridad, el trigo y la cebada son los siguientes. Se puede inferir de los resultados del estudio que el subsistema de almacenamiento y procesamiento contribuye de manera significativa al uso de los recursos energéticos, el calentamiento global, la acidificación atmosférica, y los impactos humanos de toxicidad en el pan y la cadena de suministro de cerveza. Por lo tanto, hay una clara necesidad de mejorar la eco-eficiencia del almacenamiento y procesamiento de operaciones y tecnologías de estas dos cadenas de suministro. A nivel de procesos, la mejora de la eficiencia energética y el uso de materiales de equipos de alto consumo energético pueden mejorar la eficiencia de la producción y procesamiento. Para reducir los niveles de impacto humano de toxicidad en la cadena de suministro de grano, la producción limpia y eco-eficiencia los esfuerzos deben centrarse en la reducción de polvo, y emisiones gaseosas transmitidas por el aire y en el almacenamiento y procesamiento de metales pesados, e inorgánicos. (Narayanaswamy, Altham, Van Berkel, & McGregor, 2004).

Según (Uresti-Gil, 2010) en México se realiza una evaluación de ciclo de vida para la producción de etanol a partir del maíz, enfocado a la obtención de biodiesel. En este estudio se expone la disminución de los impactos en la generación de gases de efecto invernadero (GEI), alcanzando mayor rendimiento unitario del grano de maíz y su transformación mediante biorefinerías que integran la producción de granos el uso de productos sustitutos para la alimentación del ganado y la producción de biogás. En Brasil se aplica el ACV en la producción lechera, y se concluye que las mayores categorías de impactos son la acidificación, la eutrofización, el calentamiento global, el uso del terreno y la demanda total acumulada de energía, motivadas estas por el uso de fertilizantes (Olszensuk, 2010)

En Finlandia un grupo de investigadores desarrollan una guía metodológica para el ACV en el sector alimenticio en su país para brindar una buena orientación práctica a las empresas de ese

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

sector, el proyecto es financiado por el Organismo Finlandés de Financiación para la Tecnología y la Innovación (Tekes, por sus siglas en Inglés) y está previsto que se complete en mayo del 2012. Esta guía tiene por objetivo armonizar los cálculos por lo menos a un nivel nacional a la medida de lo posible y en ella se ofrecen requisitos específicos y una mejor orientación a las difíciles cuestiones metodológicas. Para conocer más sobre este proyecto se puede consultar (Pulkkinen et al., 2011) y sobre casos de estudios de ACV en los productos alimenticios se puede consultar (Meissner Schau & Magerholm Fet, 2008)(Dalgaard et al., 2008) .

Conclusiones parciales

1. La gestión con enfoque a procesos contribuye al cumplimiento de la misión, y visión de la empresa y constituye un instrumento de mejora muy efectivo para todos los tipos de organizaciones permitiendo finalmente la satisfacción del cliente.
2. El incremento de la sensibilidad de las Empresas hacia cuestiones relacionadas con el medio ambiente favorece el fortalecimiento del Sistema de Gestión Medioambiental reduciendo así en mayor escala los impactos de las organizaciones sobre el medio Ambiente.
3. El Análisis del Ciclo de Vida es una herramienta de Gestión Medioambiental que permite identificar oportunidades para mejoras ambientales y brinda información detallada en el momento de determinar entre varios productos el menos dañino al medio ambiente logrando así en las organizaciones la sostenibilidad ambiental y la eco-eficiencia.
4. Eco-Speed constituye una metodología que cuenta con las características específicas para el desarrollo del Análisis del Ciclo de Vida en países latinoamericanos como Cuba.
5. En los últimos años, el Análisis del Ciclo de Vida (ACV) se ha desarrollado como una herramienta importante en el mejoramiento del comportamiento medioambiental de los sistemas de producción de alimentos. En Cuba existen pocas empresas de este tipo en las que se han aplicado metodologías para evaluar el desempeño ambiental de sus productos.

Capitula II



CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

En el siguiente Capítulo se describe la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos, su misión, visión, objeto social, principales productos, proveedores y clientes. Se realiza un análisis de la situación ambiental de la empresa en la actualidad y de la manera en que esta afecta a ecosistemas cercanos a ella (como la Bahía de Cienfuegos) así como a los asentamientos poblacionales que la rodean. Se detallan además las etapas de la herramienta de gestión ambiental Análisis del Ciclo de Vida que se utiliza para evaluar el impacto ambiental de la fábrica.

2.1 Caracterización de la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos

La Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos subordinada a la rama Confitera del Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL), es única de su tipo en el país y se encuentra localizada en la Zona Industrial # 2 del Reparto Pueblo Griffó, en la provincia de Cienfuegos, exactamente en la periferia noreste de la ciudad cabecera.

Limita al norte con la Empresa DIVEP, al este con la Fábrica de hielo, Almacenes de Productos Frescos y con la Línea de Ron HRL, por el oeste con la Carpintería en Blanco y el Taller de Ómnibus Escolares, limitando al sur con el asentamiento poblacional de Pueblo Griffó

La Empresa se pone en marcha en 1981 luego de un período inversionista que dura 6 años, con el objetivo de producir 90 toneladas por día de sirope de glucosa y obtener como subproductos 7 toneladas por día de germen, 9 toneladas de gluten, 19 toneladas de licor de remojo y 21.5 toneladas de forraje. Las cifras expresadas nunca se han podido alcanzar debido fundamentalmente a la falta de un suministro estable del maíz que es su materia prima fundamental, a la falta de piezas de repuestos y de un mantenimiento adecuado. Actualmente, la capacidad instalada es de un 50 % respecto a la de diseño. La fábrica tiene más de 30 años de explotación lo cual ha provocado que haya aumentado el desgaste físico en los equipos y han tenido que ser excluidos del proceso productivo algunos y en otros casos sustituidos o modificados por otros equipos o conceptos productivos.

La tecnología de la fábrica pertenece al área capitalista, fundamentalmente a la firma ALFA LAVAL de procedencia sueca y a la DDS KROYER de Dinamarca. Su proceso tecnológico comprende la planta de producción de Almidón y la de Glucosa. Cuenta con un sistema de

facilidades auxiliares comunes como son: el sistema de generación de vapor donde se cuenta con dos calderas de tubos de fuego con una capacidad de 8 y 12 toneladas de vapor por hora respectivamente y la planta de tratamiento de residuales donde se procesan los residuales del proceso industrial más los albañales, la cual desde su concepción inicial no responde a las características de la fábrica provocando esto que el resultado del tratamiento de los residuales líquidos sea ineficiente.

Actualmente la empresa se encuentra en la fase de actualización del Perfeccionamiento Empresarial, en función de la nueva estructura definida al pasar a ser una Unidad Empresarial de Base subordinada a la Empresa de Confitería y Derivados de la Harina. En ella laboran un total de 207 trabajadores, de ellos 27 son profesionales de nivel superior, 99 técnicos medios, 23 con nivel medio superior y 58 con noveno grado los mismos se distribuyen por las diferentes áreas, garantizando con su trabajo la gran diversificación de las producciones y los servicios. Del total 173 son directos a la producción. Se distribuyen por categoría ocupacional como sigue: 16 dirigentes, 11 de servicios, 54 técnicos y 126 Obreros (Figura 2.1), la estructura organizativa general de la empresa se muestra en el **Anexo No.11**.

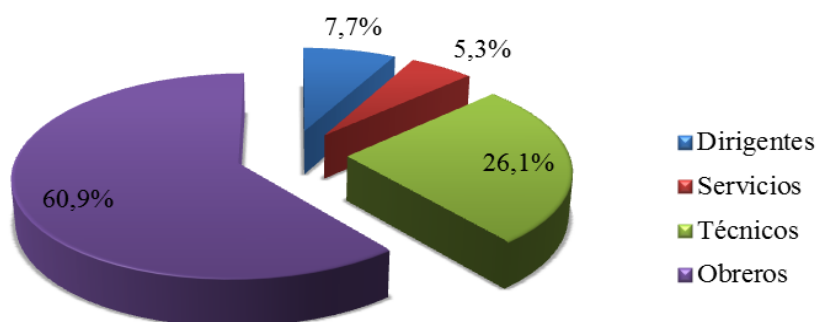


Figura 2.1: Categoría Ocupacional de la Empresa Glucosa de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración Propia

La **Misión** de la empresa es: Elaborar materias primas y materiales para diferentes procesos industriales y productos alimenticios, en una amplia gama de surtidos para la alimentación humana y animal, con la mejor calidad y eficiencia, garantizando la plena satisfacción de nuestros clientes.

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

Su **Visión**: Somos una empresa próspera, diversificada, líder en el mercado nacional y competitivo en el mercado internacional.

Su **objeto social** consiste en producir, transportar y comercializar de forma mayorista productos alimenticios derivados del maíz así como equipos, partes, piezas y accesorios de metal y goma en pesos moneda nacional y pesos cubanos convertibles, brindar servicios de alquiler de transporte especializado y de carga en pesos moneda nacional, brindar servicios personales, de reparación de enseres menores, de transporte de personal y alimentación a sus trabajadores en pesos moneda nacional, ofrecer servicios de reparación y mantenimientos eléctricos, de instrumentación a equipos automáticos, informáticos y de comunicación a entidades en pesos moneda nacional y producir y comercializar de forma mayorista ganado menor y de forma minorista a sus trabajadores productos agropecuarios procedentes del autoconsumo en pesos moneda nacional.

2.1.2 Aspectos Productivos y Económicos

La Empresa produce una amplia gama de productos, comercializados con la marca GydeMa (Tabla 2.1). Los suministradores de la materia prima utilizada y los consumidores se muestran en la tabla 2.2

Tabla 2.1: Principales productos de la Empresa Glucosa. **Fuente:** Elaboración Propia

Producciones Fundamentales	Subproductos	Producciones Alternativas
• Almidón de Maíz	• Germen	• Natillas caseras
• Sirope de Glucosa por vía ácida	• Forraje	• Almidones Saborizados
• Sirope de Glucosa por vía enzimática	• Gluten	• Desayuno de Chocolate
	• Licor de remojo	• Polvo para panetela
	• Lodos residuales	• Polvo para Arepas
		• Sirope para Refrescos
		• Polvo para Hornear
		• Concentrado proteico (Alimento Animal)
		• Concentrado de corteza de Mango (VIMANG)

Tabla 2.2: Principales suministradores y consumidores de la Empresa Glucosa de Cienfuegos.**Fuente:** Elaboración Propia.

Materias Primas	Principales Suministradores	Principales Consumidores	
Maíz	ALIMPORT	MINAL	• Unión Confitera • Unión Láctea • Unión de Conserva
Carbón Activado, dicalite	Azumat Cfgos.	AZCUBA	• Comercializadoras • Tecnoazúcar • Planta Sorbitol
Cajas	Planta Habana	ASEGEN	
Precintas	Azumat Cfgos	MININT	
Bolsa de 5 kg	Azumat Cfgos	MINFAR	
Cacao	Derivados del cacao Baracoa	Turismo y Cadenas de Tiendas	
Polipropileno	Azumat Cfgos		
Azúcar	Conoazúcar Cfgos		
Leche en Polvo	Lácteo Escambray		
Sal	Azumat Cfgos		
Sabor Vainilla	Instituto de Investigación de la Industria Alimentaria		

Como apreciamos en la tabla 2.3 se ha presentado hasta el año 2010 un ascenso en el volumen de las producciones fundamentales y alternativas, así como en la diversificación de las mismas. En el año 2011, se diversifica un poco más la producción, algunas producciones fundamentales disminuyen significativamente con respecto a los años anteriores por afectaciones en el proceso tecnológico y la empresa no cumple el plan de producción de la mayoría de sus productos.

Tabla 2.3: Comportamiento de la Producción en el período 2008–2011. **Fuente:** Informes Económicos Empresa Glucosa.

Producto	Real 2009 (T)	Real 2010 (T)	Plan 2011 (T)	Real 2011 (T)
Glucosa Ácida.	475,07	847,33	900,60	747,47
Glucosa Enzimática.	934,31	1 126,54	1070,00	590,08
Almidón 20 Kg.	460,81	1 525,76	1784,33	1047,71
Almidón 10 Kg.	-	77,03	-	73,09
Almidón 5 Kg.	93,64	24,15	144,00	12,54
Almidón 180 g	15,89	12,63	120,00	19,749
Almidón Saborizado 180g	-	0,51	27,00	17,678
Germen.	-	-	211,37	122,728

Forraje enriquecido.	-	-	845,44	495,30
Gluten.	-	-	493,17	25,10
Natilla Nacional, 30 Kg.	815,16	1 015,09	755,00	926,352
Natilla 5 Kg.	2,22	1,07	12,00	-
Natilla vainilla 180 g.	-	17,98		-
Natilla mantecado 180 g.	-	15,35		-
Natilla Chocolate 180 g.	-	-	13,00	33,439
Desayuno Chocolate 250 g	6,63	40,74	44,00	3,259
Desayuno Chocolate 500 g	1.08	-	44,00	14,984
M. Panetela.	-	-	54,00	14,00
M. Arepa.	-	-	32,00	5,127
Polvo p/ hornear (20 Kg)	-	-	12,00	11,864
Polvo p/ hornear (180 g)	-	-	18,00	1,074
Sirope (litros)	2 794,95	331 011,0	313,0	449,162
VIMANG.	-	31,33	115,50	103,17 2
Alimento Animal	829,64	1 415,96	750,00	961,94
Lodo.	-	-	2310,00	649,632

La Glucosa ácida, representa el 31,34% de los principales productos de la UEB Glucosa Cienfuegos en el 2011(figura 2.2) y es una fuente muy importante de ingresos de la fábrica.

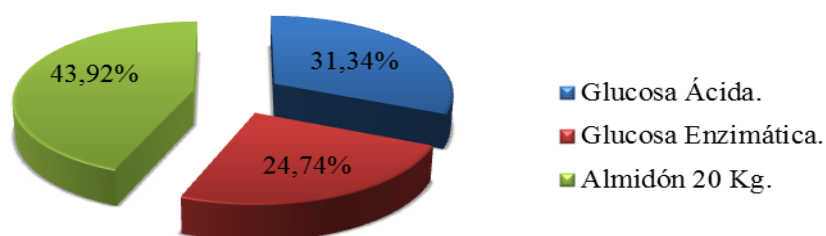


Figura 2.2: Principales Producciones de la UEB Glucosa de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración Propia.

Según los indicadores económicos del año 2011 que se muestran en la tabla 2.4, se registran pérdidas por el orden de los 209,0 MP contra un plan de 58,5 MP de utilidad. Los indicadores producción bruta y producción mercantil se sobrecumplen mientras que la relación salario medio/productividad se deteriora en el año.

Tabla 2.4 Indicadores económicos Empresa Glucosa. Año 2011. **Fuente:** Balance Económico Empresa Glucosa.

Indicadores	UM	Plan 2011	Real 2011	% Cumplimiento
Producción Bruta	MP	6565,2	7737,9	117,9
Costo de P. Bruta	MP	5921,1	8580,9	144,9
Costo / Peso Producción Bruta	Pesos	0,90	1,11	123,0
Producción Mercantil	MP	5972,5	7605,5	127,3
Costo P. Mercantil	MP	5429,2	8516,8	156,9
Costo / Peso Producción Mercantil	Pesos	0,91	1,12	123,2
Utilidad del periodo	MP	58,5	-209,0	-
Fondo de salario	MP	1152,9	1028,9	89,2
Promedio de trabajadores	U	204,0	195	95,6
Salario Medio	Pesos	5651	5276	93,4
Productividad (VA)	Pesos	6150	168	2,7
Correlación Salario Medio/Productividad VA	Pesos	0,81	34,24	4227,5
Liquidez Inmediata	Pesos	---	0,75	---

Teniendo en cuenta los cambios climatológicos que están ocurriendo a nivel mundial, la actividad de medio ambiente en las industrias alimenticias se ha tomado en cuenta con mayor seriedad, principalmente por las características y volumen de sus aguas residuales. Se decide por tanto analizar la situación ambiental actual en la Empresa Glucosa de Cienfuegos como parte de este sistema de industrias en nuestro país.

2.2 Situación Ambiental en la Empresa Glucosa de Cienfuegos

2.2.3 Antecedentes

Los problemas ambientales ocasionados por la Empresa Glucosa Cienfuegos tienen su origen desde la propia puesta en marcha de esta fábrica, luego producto a la situación que ha venido afrontando nuestro país con relación al mercado internacional esta empresa se ha visto seriamente afectada en la adquisición de nuevas tecnologías para sus procesos productivos, lo que trae consigo que los residuos generados por sus producciones principales cada día sean mayores debido en lo fundamental a los derrames producidos por roturas imprevistas de los diferentes equipos.

2.2.4 Situación ambiental actual

La Empresa Glucosa Cienfuegos, involucrada en un proceso de perfeccionamiento de su gestión, cuenta con una Estrategia Ambiental desde el año 2009 que se materializa en planes de acción a corto, mediano y largo plazo, la cual resulta insuficiente para resolver los problemas ambientales que ocasiona.

Según la Estrategia Ambiental del Ministerio de la Industria Alimenticia los principales problemas ambientales que presenta el MINAL en el país y de los cuales la Empresa Glucosa no está exenta y se encuentran reflejados en su estrategia ambiental son:

1. Contaminación de las aguas terrestres y marinas por el vertimiento de los residuales líquidos industriales.
2. Contaminación de la atmósfera: por emanaciones de gases, polvo, hollín y malos olores.
3. Elevado consumo de agua, recurso natural más importante que maneja el MINAL.

Lo anterior se corrobora mediante estudios e informes de las autoridades ambientales del territorio sobre los problemas detectados en esta fábrica.

2.2.4.1 Caracterización de los residuales en la UEB Glucosa de Cienfuegos

El sistema de tratamiento de los residuales líquidos de la UEB Glucosa de Cienfuegos desde el inicio de la producción fabril ha estado sometido a cambios y en la actualidad solo se realiza un tratamiento primario de los mismos. El agua residual pasa por la cámara de rejillas y los desarenadores donde son separados los sólidos groseros, luego se realiza la adición de cal, seguido de un proceso de sedimentación primaria. El líquido extraído de la sedimentación se vierte al medio luego de pasar por la cascada, que permite la oxigenación del mismo.

Actualmente la disposición final de las aguas residuales de esta industria se realiza por medio de una tubería colectora de 1 500 m de longitud que tributa hacia el Arroyo Inglés, a unos 20 m de su desembocadura en la Bahía de Cienfuegos. Estos residuales una vez vertidos en la cañada se conducen libremente por un trayecto de aproximadamente 30 m, hasta que se mezclan con los residuales albañales del Reparto Pueblo Grippo. Esta mezcla de residuales líquidos es usada en el fértil-riego de áreas destinadas al cultivo de arroz en la zona próxima a la Bahía de Cienfuegos.

Los resultados recientes de la caracterización de las aguas residuales de dicha industria efectuada por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC) se presentan en la tabla 2.5, donde se resumen las mediciones en los puntos de muestreo 1 y 2, la carga contaminante aportada a la Bahía de Cienfuegos, las razones entre el punto 1 y el punto 2 y entre el punto 1 y el Límite Máximo Permisible Promedio (LMPP), así como entre el punto 2 y el Límite Máximo Permisible Promedio. Estando ubicado el punto 1 a la salida del residual de la planta de tratamiento de la fábrica y el punto 2 corresponde a la muestra tomada unos 15 m aguas debajo de la mezcla del residual con los albañales del Reparto de Pueblo Grippo, justamente en la zona más cercana a las áreas donde se utiliza como fértil-riego en el plantío de arroz.

Para comprender el alcance del problema de contaminación provocado por la descarga de los residuales líquidos de la Fábrica de Glucosa se exponen en la última columna de la tabla 2.5 las especificaciones para el vertimiento que deben cumplir las aguas residuales de dicha industria según las “NC 27:1999 Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado LMPP” y la “NC 521:2007 Vertimiento de Aguas Residuales a las Costas y Aguas Marinas”.

Tabla 2.5: Caracterización de los residuales de la Fábrica de Glucosa. **Fuente:** Informe del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC, 2011)

Variable medida	Punto 1	Carga Kg/día	Punto 1/ LMPP	Punto 2	Punto 1/ Punto2	Punto2/ LMPP	LMPP
S. Susp. (mg/L)	660	121	-	110	6	-	-
ST (mg/L)	2 340	431	-	1 070	2,2	-	-
SV (mg/L)	660	121	-	105	6,3	-	-
SD (mg/L)	1 680	309	-	960	1,8	-	-
DQO (mg/L)	6 800	1 251	97	960	7,1	13,7	70
NTK (mg/L)	82.3	15	16,5	10,36	7,9	2,1	5
DBO ₅ (mg/L)	3 150	580	105	475	6,6	15,8	30
DBO ₅ /DQO	0,4632	-	-	0,4948	-	-	-
PT (mg/L)	42.9	7,8	21,5	118	0,4	59	2
G. y A. (mg/L)	<LC	-	-	<LD	-	-	10
Fenoles (mg/L)	<LC	-	-	<LC	-	-	-
Sulf. T. (mg/L)	12.16	2,2	-	1,52	8	-	-
CE(μ S/cm)	1 496	-	1.1	998	1,5	0,71	1400
PH	3,96	-	-	6,58	-	-	6.5-8.5

Leyenda

LMPP: Límite Máximo Permisible

Promedio

S. Susp.: Sólidos Suspendidos

ST: Sólidos Totales

SV: Sólidos Volátiles

SD: Sólidos disueltos

DQO: Demanda Química de Oxígeno

NTK: Nitrógeno total Kjeldahl

DBO₅: Demanda Biológica del Oxígeno

PT: Fósforos Totales

G. y A.: Grasas y Aceites

Sulf. T.: Sulfatos Totales

CE: Conductividad Eléctrica

LC: Límite de Cuantificación

Al analizar los resultados obtenidos se aprecia que el residual líquido de la Empresa Glucosa Cienfuegos es ácido, con abundante contenido de sólidos totales y rico en materia orgánica de naturaleza biodegradable. El 28 % de los sólidos totales presentes están en forma suspendida, sin embargo el 72 % están en forma disuelta. La presencia de sólidos suspendidos en el agua limita la entrada de luz a las capas más profundas y por tanto afecta al desarrollo de la biota acuática.

Los valores de las variables medidas en el punto 1 son superiores a lo establecido en la NC usada, excepto las grasas y aceites y el índice de fenoles que registran valores por debajo del límite de

cuantificación (16 mg/L y 0,1 mg/L, respectivamente). Indicadores que representan el contenido de materia orgánica en el residual (DQO y DBO), registran valores aproximadamente 100 veces superiores a lo establecido por la NC (segunda columna de la Tabla 2.5). En la tercera columna de la tabla 2.5 se reportan las cargas dispuestas al entorno por este residual (expresadas en kg/día). Por ejemplo, la carga de DBO₅ aportada en un día por esta industria representa una población equivalente de 11904 habitantes, según el criterio establecido en una metodología del CITMA.

Las razones punto 1/punto 2 (sexta columna de la Tabla 2.5) son superiores a la unidad, solamente en el caso del fósforo la razón fue menor que uno. Los resultados demuestran que la unión de estos residuales con los albañales de Pueblo Griffo mejoran sus características. Las diluciones producidas por esta mezcla disminuyen los valores de la mayoría de las variables estudiadas en un intervalo entre 6 y 8 veces, pero esta mejoría no elimina el incumplimiento de la NC usada como se puede observar en la razón punto 2/ LMPP (séptima columna de la tabla 2.5).

El vertimiento con materia orgánica elevada a la bahía produce agotamiento del oxígeno disuelto lo cual ocasiona un predominio de especies anaeróbicas, afectando por tanto la biodiversidad. Además, cuando se termina el oxígeno disuelto en el agua comienza la reducción de los sulfatos (abundantes en el agua de mar) y se producen sulfuros que provocan un olor desagradable en la zona afectada a la entrada de la ciudad de Cienfuegos. Se puede señalar también que al presentar este residual elevados valores de nitrógeno y fósforo puede provocar eutrofización en los cuerpos de agua donde es vertido. La eutrofización es el crecimiento masivo de plantas acuáticas y afecta la biodiversidad.

2.2.4.2 Análisis del comportamiento del pH a la entrada y salida de la planta de tratamiento de residuales

Según la norma establecida en el proceso tecnológico de tratamiento de aguas residuales de la UEB Glucosa Cienfuegos, los valores del pH del agua residual a la entrada de la planta deben ser como máximo 6 unidades y de 6 a 7 unidades de pH a la salida con un valor medio de 6, 5 unidades de pH para ser derramado en la bahía.

Para comprobar el cumplimiento de las normas en cuanto al pH de entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Residuales se toman 84 valores de pH (42 a la entrada y otros tantos a la salida) medidos por los técnicos de laboratorio de la fábrica en los meses de noviembre, diciembre del 2011 y enero del 2012 (ver **Anexo No.12**) y se realiza un gráfico de control de individuos para determinar el comportamiento de este indicador en el período estudiado.

A continuación se muestra el gráfico de control resultante de procesar los datos de pH a la entrada de la Planta de Tratamiento de Residuales en el software de análisis estadístico Statgraphics Centurion XV.II (figura 2.2)

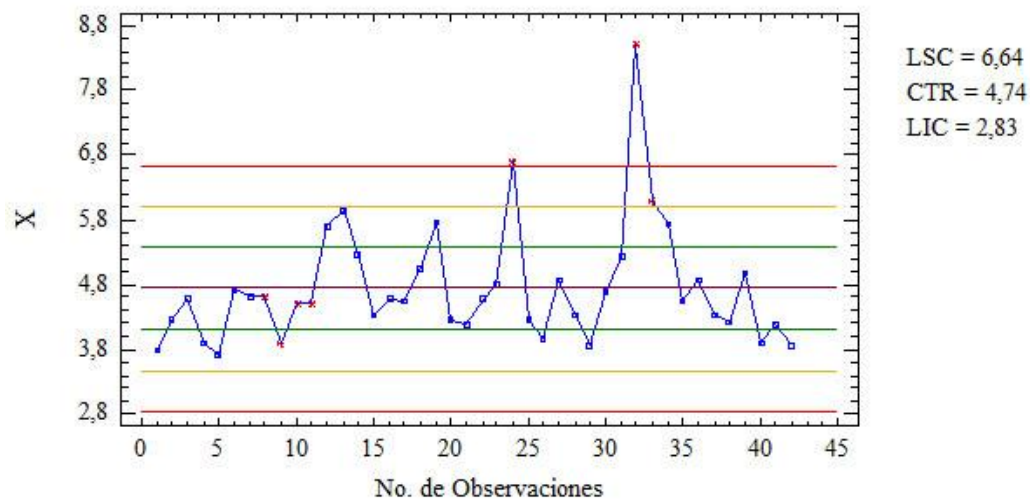


Figura 2.3: Gráfico de control para el comportamiento del pH a la entrada de la Planta de tratamiento de Residuales. **Fuente:** Elaboración Propia.

Según se muestra en la figura 2.3 dos valores de pH se encuentran fuera de los límites de control y cinco siguen patrones inusuales por lo que, suponiendo que los datos siguen una distribución normal (**Anexo No.13**), se puede declarar que el proceso está fuera de control estadístico o lo que es lo mismo el proceso es muy inestable con un índice de inestabilidad de 11,9% y un nivel de confianza del 95%. El índice de capacidad real del proceso es de 0,66 por lo se considera potencialmente incapaz de cumplir la especificación ($LSE = 6,0$) así que se requieren modificaciones muy serias. El análisis anterior se encuentra en el **Anexo No.14**.

En la figura 2.4 se muestra el gráfico de control para los valores de pH a la salida de la Planta de Tratamiento de Residuales. Como se puede observar dos mediciones se encuentran fuera de los límites de control lo que indica un índice de inestabilidad de 0,04% que constituye un valor bajo por lo que se puede decir que es un proceso con una estabilidad relativamente buena con un nivel de confianza del 95%.

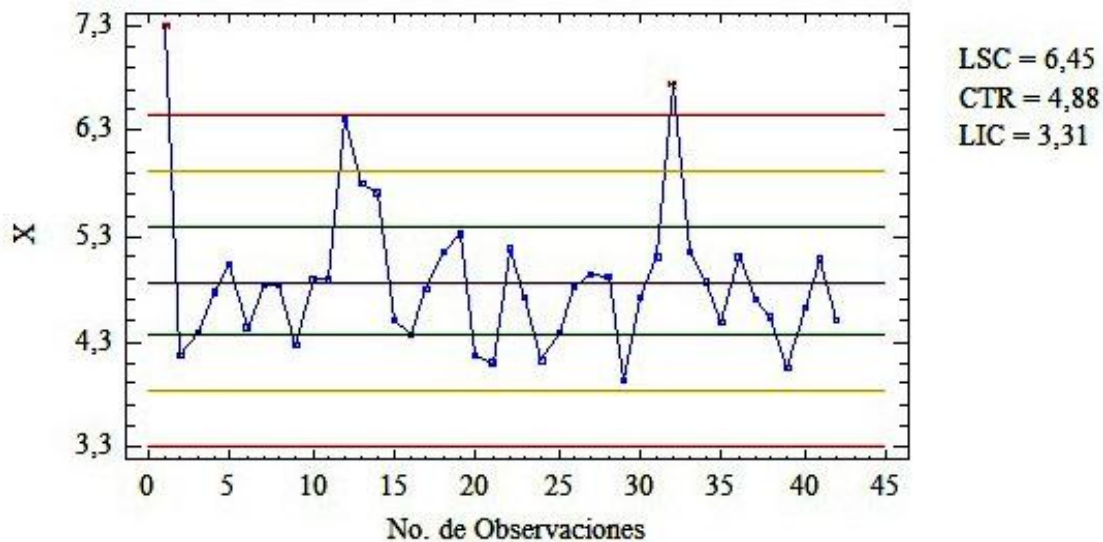


Figura 2.4: Gráfico de control para el comportamiento del pH a la salida de la Planta de tratamiento de Residuales. **Fuente:** Elaboración Propia.

En el análisis realizado (**Anexo No.15**) el índice C_p es igual a 0,317987, un valor menor de uno lo que evidencia que no se cumple con las especificaciones. El C_{pk} igual a -0,71 indica que la media del proceso está fuera de especificaciones y corrobora la incapacidad del proceso. El estudio demuestra que la neutralización con cal aplicada en los residuales de la fábrica es insuficiente.

El análisis anterior implica que esta fábrica no cumple con los límites máximos permisibles promedios para las concentraciones de las descargas de sus aguas residuales, por lo que viola la Legislación Ambiental vigente en el país pudiendo mencionarse entre otras las regulaciones siguientes:

1. Decreto Ley 138: De Las Aguas Terrestres (Artículo 17).

2. Ley No. 81 del Medio Ambiente (artículo 95).
3. Decreto Ley 212: Gestión de la zona costera (Artículo 16, inciso g).
4. Norma Cubana NC 27:1999 Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado.
5. Norma Cubana NC 521:2007 Vertimiento de Aguas Residuales a las Costas y Aguas Marinas

Aunque los residuales antes de incorporarse a la Bahía de Cienfuegos se mezclan con los albañales del Reparto de Pueblo Griffo y mejoran su calidad, representan una fuente de contaminación de la Bahía. Investigaciones realizadas por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos revelaron que la zona de la desembocadura del arroyo Inglés es la zona de mayores afectaciones en la calidad del agua de la Bahía.

Los residuales generados por la industria deben ser sometidos a un tratamiento capaz de disminuir el contenido de materia orgánica, sólidos totales y nutrientes y aunque en las condiciones actuales un diseño del sistema de tratamiento sería muy costoso e irracional a causa del volumen de materia prima que actualmente se está vertiendo y de la inexistencia de una planta de microorganismos estable, se puede analizar el ciclo de vida de los productos de la empresa y proponer mejoras en el proceso productivo que minimicen los impactos ambientales de la fábrica.

2.2.4.3 Contaminación Atmosférica

Varias fuentes de contaminación en la instalación industrial aportan al recurso aire altas cargas contaminantes. En el área de Calderas debido al estado técnico en que se encuentran ocurren emisiones de CO₂, CO y hollín provocadas por la mala combustión, así como en el área de limpieza, secador de almidón y área de empaque se desprende gran cantidad de polvo. En la planta de obtención de agua sulfurosa se genera el SO₂ y la parte del mismo que no se absorbe en el agua es emitida a la atmósfera (aproximadamente 54 784,15 kg de SO₂ en el año).

2.2.4.4 Utilización de los Recursos

La utilización de los recursos naturales renovables, resulta productiva y beneficiosa, en pos de mantener e incrementar el actual nivel de desarrollo económico y poder materializar las producciones. Pero se debe señalar que no están tomadas todas las medidas necesarias en función de preservar los recursos no renovables ya que la fábrica es gran consumidora de agua y energía eléctrica.

2.3 Procedimiento Análisis del Ciclo de Vida

Según las NC-14 040:1999 la herramienta del ACV incluye cuatro etapas:

Etapas I: Definición del objetivo y alcance,

Etapas II: Análisis del inventario,

Etapas III: Evaluación del impacto

Etapas IV: Interpretación de los resultados.

A continuación se describen de manera detallada cada una de estas etapas de acuerdo a las NC-14 040, NC-14 041, NC-14 042.

2.3.1 Etapas I: Definición del objetivo y alcance

El objetivo y alcance de un estudio de ACV deben definirse claramente y ser consistentes con la aplicación que se persigue.

a) Objetivo del estudio:

El objetivo de un estudio de ACV debe indicar sin ambigüedad la aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto, es decir, a quién se van a comunicar los resultados del estudio.

b) Definir el alcance del estudio:

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

El alcance debería estar suficientemente bien definido para asegurar que la amplitud, profundidad y detalle del estudio son compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo del mismo. El ACV es una técnica iterativa. Por lo tanto, el alcance del estudio puede necesitar ser modificado durante la realización del estudio a medida que se disponga de información adicional.

➤ Definir función y unidad funcional

Al definir el alcance de un estudio de ACV, es necesario hacer una especificación clara de las funciones (características de desempeño) del producto.

La unidad funcional define la cuantificación de estas funciones identificadas y debe ser consistente con el objetivo y alcance del estudio. Uno de sus propósitos primarios es proporcionar una referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizados los datos de entrada y salida. Esta referencia es necesaria para asegurar la comparabilidad de los resultados del ACV. La comparabilidad de los resultados del ACV es especialmente crítica cuando se analizan distintos sistemas para asegurar que tales comparaciones se hagan sobre una base común.

Un sistema puede tener varias funciones posibles y la que se seleccione para estudio dependerá del objetivo y alcance del mismo. Por lo tanto, es necesario que la unidad funcional sea claramente definida y medible.

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.

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

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.

- Definir los límites del sistema.

Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios se deben incluir dentro del ACV. Dentro de los factores que determinan los límites del sistema se encuentran: la aplicación prevista del estudio que se va a realizar, las hipótesis planteadas, los criterios que se han tomado para la exclusión de determinados factores y condiciones fuera de los límites de análisis, los datos que serán validados y procesados, las limitaciones económicas para la ejecución del estudio, y el destinatario final que ha sido previsto para recibir el estudio.

La selección de las entradas y salidas, el nivel de agregación dentro de una categoría de datos y la modelación del sistema deberán ser consistentes con el objetivo del estudio. El sistema debe modelarse de modo que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales. En muchos casos no existe tiempo suficiente, datos o recursos para efectuar un estudio tan completo. Deben tomarse decisiones respecto a qué proceso unitario será modelado y el nivel de detalle con que estos procesos unitarios serán estudiados.

Los criterios usados para establecer los límites del sistema deben identificarse y justificarse en la fase de alcance del estudio. Si esto no se realiza adecuadamente pueden ser tomados para el análisis flujos secundarios y datos relacionados con ellos, esto solo retrasa el estudio y eleva el nivel de incertidumbre en la modelación del sistema.

A fin de reflejar la naturaleza iterativa del ACV, las decisiones referidas a los datos a incluir deben estar basadas en un análisis de sensibilidad, con el objetivo de determinar su importancia. Los límites iniciales del sistema producto deben ser revisados conforme a los criterios de corte establecidos en la definición del alcance. El análisis de sensibilidad puede conllevar a:

- la exclusión de etapas del ciclo de vida o de procesos unitarios cuando su insignificancia puede ser justificada por el análisis de sensibilidad;
- la exclusión de entradas y de salidas sin importancia para los resultados del estudio;
- la inclusión de nuevos procesos unitarios, entradas y salidas que se demuestren ser significativos en el análisis de sensibilidad.

Los resultados de este proceso de afinamiento y del análisis de sensibilidad deben ser documentados. Este análisis sirve para limitar posteriores manipulaciones de aquellos datos de las entradas y salidas que son determinados como significativos para el objetivo del estudio de ACV. Los criterios y las suposiciones sobre los cuales ellos son establecidos deben ser descritos claramente. El efecto potencial de los criterios seleccionados sobre el resultado del estudio debe ser también evaluado y descrito en el informe final.

➤ Requisitos de calidad de los datos

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.

Los requisitos de calidad de los datos deben cubrir la cobertura temporal de los mismos, es decir, durante que límite de tiempo van a ser tomados estos datos y la duración mínima para su compilación, la cobertura geográfica, esta enmarca el área geográfica donde se van a tomar los datos para el estudio, la cobertura tecnológica, mezcla de tecnología a estudiar dando esta la situación ponderada de los procesos a estudiar como una comparación media ponderada de las mejores tecnologías y de las peores unidades de operación enmarcadas en el proceso de estudio.

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

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

CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

- precisión: medición de la variabilidad de los valores de los datos para cada categoría de datos expresados (por ejemplo, varianza);
- representatividad: evaluación cualitativa del grado en el cual el conjunto de datos refleja la población real de interés (por ejemplo, cobertura geográfica, período de tiempo y cobertura tecnológica);
- consistencia: evaluación cualitativa de cómo la uniformidad de la metodología de estudio es aplicada a los diversos componentes del análisis;
- reproducibilidad: evaluación cualitativa de la medida en la cual las informaciones sobre la metodología y los valores de los datos permiten a un realizador independiente reproducir los resultados reportados en el estudio;

Cuando un estudio es utilizado para apoyar una aserción comparativa pública, todos los requisitos relativos a la calidad de los datos antes mencionados deben ser incluidos en el estudio.

2.3.2 Etapa II: Análisis de Inventario.

El análisis del inventario (ICV) 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. El análisis del inventario dentro de un estudio de ACV es iterativo, por tanto, a medida que se profundiza en el estudio se van incorporando nuevos datos y funciones relacionadas con esto y se van obteniendo nuevas limitaciones y nuevos requisitos a tal punto que en muchas ocasiones se deben cambiar los procedimientos que se utilizan para la obtención de los mismos y de esta forma poder cumplir el objetivo previsto, en muchas ocasiones este objetivo debe ser redefinido al cambiar los alcances por la inclusión de nuevos datos que fueron apareciendo durante el desarrollo del estudio.

- a) 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.

b) Construir los diagramas de procesos.

La construcción de los diagramas de proceso es un paso vital para la comprensión y el análisis detallado de un ACV, un diagrama de procesos muestra las entradas, salidas y la concatenación de estas en un proceso determinado, a su vez pueden ser apreciados los datos que están siendo evaluados y el entorno en que se enmarcan estos datos, si el diagrama está bien realizado muestra a su vez los límites del sistema (producto). Se recomienda describir inicialmente cada proceso unitario para definir, el comienzo del proceso al conocerse las entradas en forma de materias primas y de los productos intermedios que intervienen en el mismo, pueden describirse a su vez, las operaciones y transformaciones que ocurren dentro de cada proceso unitario y en función de las salidas que genera cada uno donde es que este termina y cuáles son los productos intermedios y finales.

Es importante describir la interrelación entre los determinados sistemas producto y las asignaciones de cada una de ellas, el sistema debe ser descrito de una forma que pueda ser entendido por cualquier otra persona que vaya a realizar un análisis del mismo. Las principales categorías de entradas y de salidas cuantificadas por la norma son:

- Entradas de energía, entradas de materias primas, entradas auxiliares, otras entradas físicas, 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.

- Productos, en el caso que se trabaje con varios de ellos se deben realizar procedimientos de asignación.
- Emisiones al aire, emisiones al agua, emisiones al suelo, otros aspectos ambientales, estas deben ser asignadas a los diferentes productos de acuerdo a procedimientos claramente establecidos.

Estas categorías enmarcan una calificación para satisfacer el objetivo del estudio por lo tanto las diversas categorías de datos deben ser ampliamente detalladas. 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 también ser utilizados parámetros indicadores, por ejemplo, emisión de dióxido de carbono (CO₂).

c) 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. Durante la determinación de los flujos elementales asociados con la producción de electricidad, debe considerarse la producción mixta y las eficiencias de combustión, conversión, transmisión y distribución.

Las hipótesis deben ser claramente establecidas y justificadas.

En la medida de lo posible, es conveniente que la producción mixta real sea utilizada, con el fin de reflejar los diferentes tipos de combustibles utilizados. Las entradas y salidas relativas a un material combustible, por ejemplo petróleo, gas o carbón, pueden ser transformadas en entradas y salidas de energía multiplicándolas por el valor calórico de combustión apropiado. Si es utilizado

el poder calórico superior o inferior, es conveniente aplicar el mismo modo de cálculo sin excepción a todo lo largo del estudio.

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. Todos los procedimientos de cálculo deben ser documentados explícitamente.

2.3.3 Etapa III: Evaluación del impacto.

La Evaluación del Impacto de un Ciclo de Vida (EICV) tiene por objetivo valorar los resultados del análisis del inventario del producto o servicio en cuestión, y de esta forma cuantificar posibles impactos medioambientales. La EICV, como parte del ACV global puede, por ejemplo, ser usada según la NC ISO 14 042:2001 para:

- Identificar las oportunidades de mejora de un sistema producto y ayudar en la priorización de ellas.
- Caracterizar o comparar un sistema producto y sus procesos unitarios a lo largo del tiempo.
- Hacer comparaciones relativas entre sistemas producto basadas en indicadores de categoría seleccionados.
- Indicar cuestiones ambientales donde otras técnicas pueden proveer datos ambientales complementarios e información útiles para quienes tienen que tomar decisiones.

El marco general de la fase EICV está compuesto de varios elementos obligatorios que convierten los resultados del ICV en resultados del indicador. Además, hay elementos opcionales para la normalización, la agrupación o la ponderación de los resultados del indicador y las técnicas de análisis de la calidad de los datos. La fase de EICV es solamente una parte del estudio completo del ACV y debe ser coordinada con las otras fases.

La EICV consta con elementos obligatorios que son descritos por la norma NC-ISO 14042:2001 estos elementos obligatorios incluyen la selección y definición de las categorías de impacto, indicadores de categorías y modelos de caracterización, asignación de los resultados del análisis del inventario (Clasificación) y los cálculo de los indicadores de categoría (Caracterización),

como se puede observar en la Figura 2.5 existen elementos de análisis opcionales como son el cálculo de la magnitud de los resultados del indicador de categoría en relación con la información de referencia (Normalización), agrupación, ponderación y análisis de calidad de los datos.

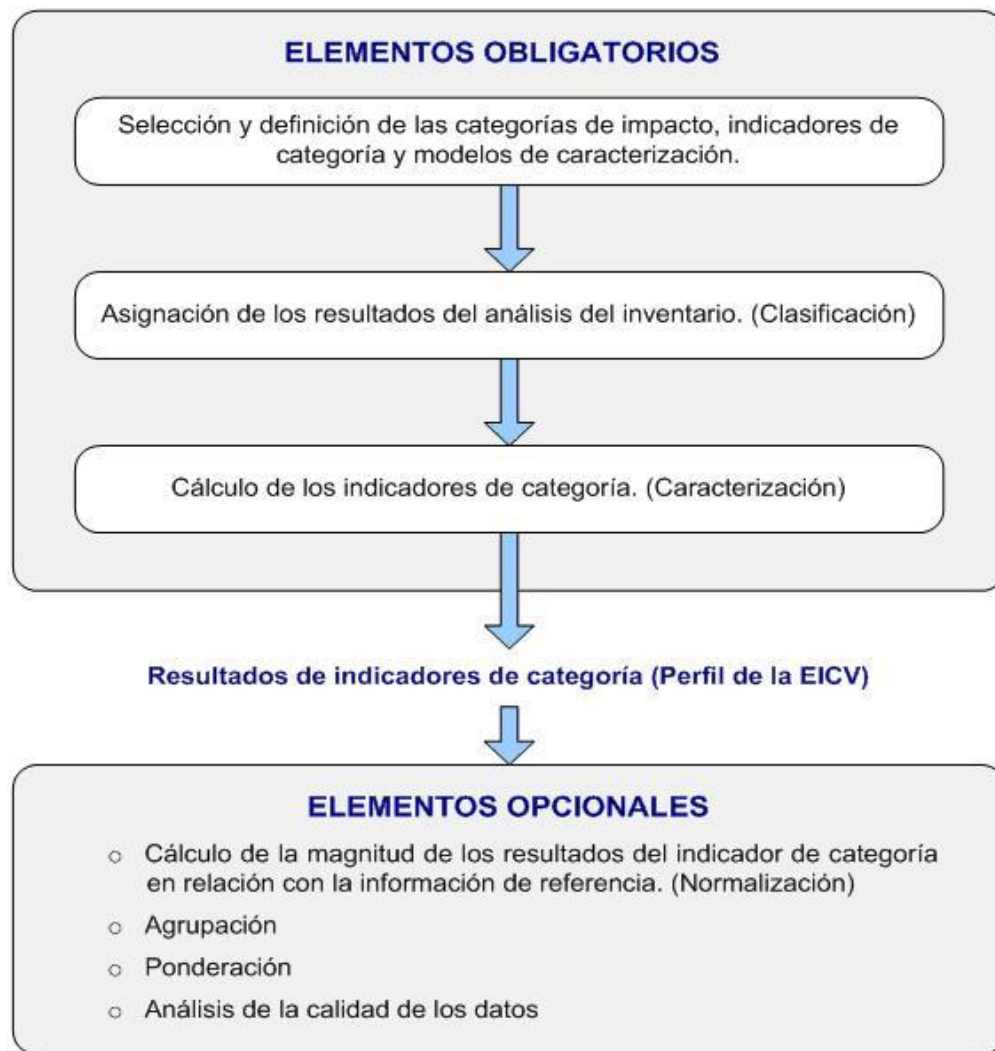


Figura 2.5: Elementos que componen la valoración del impacto del ACV. **Fuente:** (Oficina Nacional de Normalización, 2001).

a) Definir las categorías de impacto.

Las categorías de impactos son los efectos producidos sobre el medio ambiente que causan los aspectos medioambientales del sistema producto analizado y serán seleccionados en función del potencial de impacto que pueden ser generados por el sistema producto siendo estos los objetivos y el alcance por los cuales se está realizando el estudio.

Las categorías de impactos medioambientales son agrupados en función de parámetros asociados a los flujos de entrada y salida, la selección de dichas categorías de impacto, los indicadores de categoría y los modelos de caracterización de las mismas deberán ser coherente con la meta y el alcance del estudio del ACV, Estas categorías, a su vez, tendrán distintos ámbitos de actuación: global, regional o local, la selección de las categorías de impacto deberá ser el reflejo de un amplio conjunto de cuestiones ambientales relacionadas con el sistema producto que se está estudiando, teniendo en cuenta la meta y el alcance esperado.

b) Clasificar resultados del análisis del inventario.

El procedimiento consiste en asignar los estudios del ICV a las distintas categorías y así poder resaltar las cuestiones ambientales asociadas con los resultados del ICV, de esta forma es vista y asignada la totalidad de las cargas ambientales del sistema tratado. La fase puede incluir, entre otros, elementos como:

- La asignación de los resultados del ICV que sean exclusivos de una categoría de impacto.
- La identificación de los resultados del ICV que se relacionen con más de una categoría de impacto.
- La distinción entre mecanismos paralelos, por ejemplo, el SO_2 es asignado entre las categorías de impacto salud humana y acidificación.
- La asignación entre mecanismos seriados, por ejemplo, los NO_x pueden ser asignados a la formación de ozono a nivel de superficie terrestre y a la acidificación.

c) Calcular los indicadores de categoría.

Para calcular los resultados de los indicadores de categoría conocidos comúnmente como Caracterización, se aplican 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. El cálculo implica la conversión de los resultados del ICV a unidades comunes y la agregación de los resultados convertidos dentro de la categoría de impacto. En esta conversión se usan factores de caracterización. El resultado final del cálculo es un resultado indicador numérico. 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, mide 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 Eco-Speed, método para evaluar el impacto ambiental.

Eco-Speed.

Este método presentado por MSc. Ing. Berlan Rodríguez Pérez, profesor de la Universidad de Cienfuegos, Cuba e investigador de la Red Latinoamericana 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.

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 el **Anexo No.9**. 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.

1. **Categoría de daño:** Daños a la Salud Humana (*Damages to Human Health*).

Esta categoría de daño representa la cantidad de casos de problemas de salud, que probablemente se presenten en el horizonte de tiempo definido. Está determinada por la suma de los impactos

potenciales que se generan por la emisión de sustancias carcinogénicas y no carcinogénicas al aire, agua o suelo. Su forma de cálculo se representa en la ecuación 2.1.

$$HE = CA + NCA + CW + NCW + CS + NCS \quad (2.1)$$

Dónde:

- HE: Indicador de daños a las personas en función del agotamiento
- CA: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el aire.
- NCA: Indicador de daños potenciales por la presencia de No carcinogénicos en el aire.
- CW: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el agua.
- NCW: Indicador de daños potenciales por la presencia de No carcinogénicos en el agua.
- CS: Indicador de daños potenciales por la presencia de Carcinogénicos en el suelo.
- NCS: Indicador de daños potenciales por la presencia de No carcinogénicos en el suelo.

A continuación se describen las categorías de impacto incluidas en esta categoría de daño.

- **Categoría de impacto:** Carcinogénicos en el aire, el suelo y el agua y No Carcinogénicos en el aire, el suelo y el agua.

Cada categoría incluye los impactos potenciales de las emisiones de sustancias carcinogénicas y no carcinógenas al aire, al suelo y al agua. Los factores de caracterización para cada sustancia representan los casos potenciales de problemas de salud que provocan por cada kg de las sustancias emitidas al aire, al suelo y al agua, su unidad de medida está dada por Casos/kg y estos factores son unidades comparativas que permiten relacionar la importancia de una sustancia con otra. La forma de cálculo del indicador para cada categoría se representa en el **Anexo No.16**.

2. **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 de Cuba, 2009) y (EUROSTAT, European comision, 2008).

- **Categoría de impacto:** Uso del agua, del suelo, de la energía y de los minerales

Para el cálculo de impacto en el uso del agua, se tienen en cuenta las entradas y salidas al sistema de producto analizado, a partir de cada uno de los posibles orígenes, o fuentes de abasto, ya que el cálculo de la categoría se basa en dividir este volumen de agua por la cantidad total disponible de ese mismo tipo de recurso. Es decir, que solo se tienen en cuenta para este cálculo las fuentes de agua más estables.

Para el impacto del uso del suelo se ha considerado proponer una ponderación en dependencia del cambio de uso que se realice al utilizar el suelo. Se basa en las clasificaciones de su productividad, donde se utilizan 4 clasificaciones, muy productivo, productivo, poco productivo y muy poco productivo; estas clasificaciones son las utilizadas por las agencias que proveen los datos utilizados para el cálculo del indicador de la categoría (Oficina Nacional de Estadísticas de Cuba, 2009) y (EUROSTAT, European comision, 2008), por eso se mantienen como tal.

La forma de cálculo del indicador para las categorías de uso del agua, del suelo, de la energía y de los minerales se representa en el **Anexo No.16**.

3. Categoría de daño: Daños a los ecosistemas (*Damages to ecosystems*).

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.

- **Categoría de impacto:** Ecotoxicidad del Aire, el Suelo y el Agua, Calentamiento Global y Reducción de la Capa de Ozono

Los factores de caracterización para cada sustancia representan la fracción potencialmente afectada que provocada por cada kg de las sustancias emitidas al aire, al suelo y al agua, su unidad de medida está dada por PAF/kg y estos factores son unidades comparativas que permiten relacionar la importancia de una sustancia con otra.

En la categoría de impacto al calentamiento global el cálculo de los efectos potenciales que producen las sustancias conocidas como contribuyentes al efecto invernadero, resulta de la multiplicación de la masa emitida con su correspondiente factor de potencial de calentamiento global, estos factores son dados a conocer por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

En la Capa de Ozono se calculan los impactos potenciales de las sustancias probadas como agotadoras de la capa de Ozono, para este cálculo se utilizan los factores de potencial de agotamiento del Ozono brindados por la organización meteorológica mundial. Las ecuaciones para el cálculo de las anteriores categorías de impacto se encuentran en el **Anexo No.16**.

2.3.4 Etapa IV: 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.

a) 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. La UEB Glucosa de Cienfuegos aunque tuvo más variedad de productos presentó pérdidas importantes en el año 2011.
2. La Empresa Glucosa de Cienfuegos no cumple con los límites máximos permisibles promedios para las concentraciones de las descargas de sus aguas residuales, violando así la Legislación Ambiental vigente en el país.
3. Varias fuentes de contaminación en la instalación industrial aportan altas cargas contaminantes como el área de calderas donde se presentan emisiones de CO_2 , CO y hollín, también se emite al aire una cantidad considerable de SO_2 . La fábrica además es gran consumidora de agua y energía eléctrica.
4. El Análisis de Ciclo de Vida junto con el método de evaluación del impacto Eco-Speed permiten la determinación del impacto ambiental de los principales productos de la UEB Glucosa de Cienfuegos

Capítulo III



CAPÍTULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el siguiente Capítulo se desarrolla el procedimiento Análisis del Ciclo de Vida para evaluar el impacto ambiental de la producción de Glucosa Ácida en la UEB Glucosa de Cienfuegos, se utiliza el software openLCA para procesar los datos y se proponen mejoras que contribuyen a disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente y que son factibles económicamente.

3.1 Etapa I: Definición de objetivos y alcance.

3.1.1 Objetivos del Estudio

El objetivo principal del estudio es evaluar el impacto ambiental la producción de glucosa ácida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos con el uso de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida.

. Los objetivos específicos son:

4. Elaborar el inventario del ciclo de vida de la producción de glucosa ácida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos.
5. Identificar los principales impactos ambientales de la producción de glucosa ácida en la UEB Glucosa de Cienfuegos con el uso del método de punto final Eco-Speed y apoyados en el programa informático openLCA.
6. Proponer mejoras factibles desde el punto de vista ambiental y económico.

3.1.2 Alcance del Estudio

➤ Funciones del sistema

Los principales consumidores de la glucosa ácida son el Ministerio de la Industria Alimenticia (MINAL) y el Ministerio de la Industria Azucarera (MINAZ), este producto es utilizado en la elaboración de confituras.

➤ Unidad Funcional

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

La unidad funcional del sistema objeto de estudio es la elaboración de 1 Ton de glucosa por vía ácida.

➤ Definición de los Límites del Sistema

Por no contar con los datos necesarios, en el estudio realizado se excluyen las etapas relacionadas con: la transportación del maíz hasta la fábrica, la construcción de las infraestructuras, las elaboraciones de las enzimas AMG y TERMAMYL y de la tierra infusoria utilizadas en el proceso, y la venta y distribución de los productos finales.

➤ Requisitos de calidad de los datos

Los datos recolectados para el estudio se tomaron durante el año 2011 en la UEB Glucosa de Cienfuegos, específicamente en el Departamento de Normalización metrología y control de la calidad y la Unidad de Producción, y constituyen valores representativos para determinar los impactos ambientales de la producción de glucosa ácida.

3.2 Etapa II: Análisis de Inventario.

3.2.1 Recolectar los datos.

Para el proceso de compilación de datos es necesario describir los procesos desarrollados en la fábrica para la producción de la glucosa ácida.

3.2.1.1 Recepción, almacenamiento y limpieza del maíz

El maíz llega a la fábrica por medio de camiones los cuales son pesados en una báscula situada a la entrada, después de esta operación se descarga el maíz en el embudo o pipa de relleno (capacidad del embudo 40t).

Actualmente se recibe maíz de dos tipos diferentes, para su procesamiento debe reunir las características siguientes: sano, secado y limpiado previamente de forma adecuada, en las tablas 3.1 y 3.2 se resumen las especificaciones fundamentales de calidad de esta materia prima.

Tabla 3.1: Especificaciones fundamentales de calidad del maíz. **Fuente:** Proceso Tecnológico de la Planta de Almidón. UEB Glucosa.

Índice	Maíz Yellow	Maíz Plata
Humedad (%)	15, 0 máximo	15, 0 máximo
Almidón (%)	70, 0 mínimo	68, 0 mínimo
Acidez (%)	35,0 máximo	35,0 máximo
Viabilidad (%)	55 mínimo	65 mínimo
Germinación (%)	55 mínimo	65 máximo

Tabla 3.2: Características de las impurezas presentes en el maíz. **Fuente:** Proceso Tecnológico de la Planta de Almidón. UEB Glucosa.

Índice	Maíz Yellow	Maíz Plata
Partido pequeño y materias extrañas (%)	2, 0 máximo	1, 0 máximo
Daños por calor (%)	1, 0 máximo	1, 0 máximo
Enfermo (%)	0, 5 máximo	0, 5 máximo
Aspecto	Característico, saludable	Característico, saludable

Cualquier alteración en las características ocasiona variaciones tanto en capacidad como calidad en las diferentes corrientes del proceso, además de provocar disturbios en el proceso tecnológico de la producción.

Mediante un sistema de transportadores horizontales y verticales el maíz es elevado y descargado en un silo. Existen dos silos con un volumen de 446m³(aproximadamente 600t) lo cual equivale a una producción de 90h, pero actualmente solo se utiliza uno y en muy mal estado por lo que la posibilidad de almacenaje es de 150 t., este silo no está diseñado para almacenar el maíz por un gran espacio de tiempo, su objetivo es compensar fluctuaciones de los camiones.

Después de arrancada la sección de limpieza y comprobar el funcionamiento de todos los equipos se abre la compuerta de salida de maíz del silo de almacenamiento, cayendo este en un transportador horizontal y luego en otro vertical que eleva el maíz, el cual se dosifica primeramente a dos separadoras de mallas eliminando principalmente pajas, pedazos de mazorcas y maíz partido. Esta sección se ha organizado con un sistema de aspiración de polvo especial garantizando que todo este producto vaya al silo de maíz partido para ser usado como alimento animal unido al resto de las materias rechazadas. Un siguiente tamiz combinado con aspirador

quita arena, granos muertos y piedrecitas trabajando bajo el principio de lecho fluidizado (fuera de servicio), finalmente en tamiz de tambor realiza una clasificación de control.

Las materias rechazadas de las mangueras de limpieza se colectan en posiciones diferentes y son almacenados finalmente en un silo. Para medida de admisión de la materia prima una báscula aporta 300 pesadas de 100 kg cada una para el llenado de cada tanque de remojo; las cuales son controladas por el operador. Un transportador lleva el maíz limpio y otro horizontal es encargado de distribuirlo en el tanque de remojo a llenar.

Toda la sección trabaja a baja presión, es decir, bajo la acción de un sistema de aspiración que hace que en todos los equipos se realice extracción de polvo, el cual se recoge en un filtro de mangas que descarga entonces este polvo en sacos. Para la limpieza de las mangas se cuenta con un sistema automático que consta de un compresor y un tanque de presión que dispara un chorro de aire en sentido inverso al flujo desprendiendo el polvo adherido a las mangas.

3.2.1.2 Planta de obtención de Dióxido de Azufre (SO₂).

Por medio de un quemador rotatorio es procesado el azufre en forma de granos o polvo para la obtención del gas de SO₂ (dióxido de azufre), el cual circula a través de las torres de absorción por efecto de la aspiración producida por un sistema de ventilador de alta presión y un eyector de aire, este último mantiene el sistema a baja presión. La planta consta actualmente con dos torres de absorción enumeradas. Ambas conectadas en serie de las cuales se extrae agua sulfurosa con dos concentraciones diferentes la torre 1 de 1 500 a 2 000 ppm y la torre 2 de 600 a 1000 ppm, siendo depositadas cada una de estas corrientes en dos cubas.

A la tubería de salida del quemador de azufre va conectado un sistema de enfriamiento exterior por película de agua fresca descendente con el fin de hacer precipitar los arrastres de azufre sólido presente en el gas, así como mantener la temperatura de entrada a la torre siendo la misma de 95 °C.

El gas penetra por el fondo de la torre # 1 y es absorbido por el agua de recirculación procedente de la cuba # 1 que penetra por la parte superior de la torre, por el fondo de esta es extraída el agua sulfurada de mayor concentración, la cual será utilizada en la sección de remojo. El gas no absorbido en la torre # 1, sale de esta por la parte superior y penetra en la torre # 2 en su parte inferior, el proceso de absorción en esta torre es el mismo que en la torre anterior, pero el agua se

recircula desde la cuba # 2, el agua de dicha cuba es utilizada en la sección de pre molienda y lavado de fibra. La corriente única de gas circula por cada una de las torres, al mismo tiempo existen dos corrientes de agua sulfurosa, una para cada torre. El gas que sale de la torre # 2 es expulsado a la atmósfera por efecto del ventilador de alta presión y el eyector de aire a través de una chimenea. A la cuba # 1 le llega agua del tanque de proceso # 1, siendo esta agua la de más alta contaminación, a la cuba # 2 le llega agua del proceso # 3, siendo esta agua la de menor grado de contaminación. Entiéndase por grado de contaminación los arrastres de almidón, gluten, etc. que contenga el agua de proceso.

La alimentación de agua de proceso a las cubas # 1 y # 2 es controlada y regulada por sistema de flotante; además las cubas poseen un sistema de rebozo a fin de mantener el nivel dentro de dicho tanque.

3.2.1.3 Maceración Molienda y Degerminación

Una buena maceración facilita posteriormente la separación de todos los componentes del grano (germen, fibra gruesa, fibra fina, gluten y almidón). El proceso de maceración o remojo se realiza con agua sulfurosa a una concentración aproximada de 1500ppm la cual se calienta de 50 a 53 °C para de esta forma eliminar una indeseable actividad microbiana y una solubilización eficiente de las sustancias solubles del maíz. La maceración se realiza con agua sulfurosa porque el azufre rompe los enlaces del almidón, siendo más fácil su separación y la de los demás componentes. En esta sección existen 10 tanques de maceración con un volumen de 45m³(aproximadamente 30t) los cuales tienen recirculación propia (de agua) y entre ellos mismos. El agua se alimenta continuamente al tanque que contiene el maíz más viejo (o el de mayor tiempo en esta área) se bombea a través de todos los tanques y se extrae por el tanque donde se encuentra el grano más nuevo. La alimentación y extracción de agua de remojo cambia a nuevos tanques cíclicamente en la medida que los tanques cumplen el ciclo de remojo, esta operación varía entre 40 y 60 h en dependencia del tipo de maíz. Es importante tener en cuenta que primeramente se alimentará el grano a los tanques y después el agua para evitar una explosión de los mismos. Cuando un tanque se esté vaciando de agua no habrá recirculación a este tanque ni entrada de agua a la sección. Una vez completada la operación el maíz se saca por una válvula manual situada en el fondo de los tanques y a través de un transportador con recirculación de agua lleva el maíz hasta el tornillo sin fin y posteriormente al tornillo deshidratador donde comienza la primera etapa de molinación.

El grano llega al primer molino (Molino Previo 1) donde se rasga o se parte el maíz para de esta forma liberar el germen y facilitar después la separación de los demás constituyentes. La entrada al molino está dotada de un separador de piedras con entrada de líquido de proceso. La disolución del líquido del proceso es controlada por la disolución con agua de SO_2 . Posteriormente se pasa a los degerminadores 1 y 2, donde se separa el germen por diferencia de densidad. Como el germen es rico en grasa se separa de la mezcla por reboso, mientras que el resto de los componentes van al fondo. La solución acuosa libre de gran parte del germen es transportada por un tornillo sin fin deshidratador hacia el segundo molino (Molino Previo 2) donde se terminan de desgarrar los granos y se libera el germen que haya quedado. Posteriormente se bombea la solución acuosa hacia el degerminador 3 donde se retira todo el germen restante. Por último la solución libre de germen se envía al molino fino (dotado de una separadora de piedra a la entrada) donde se tritura el grano como tal. A la entrada del molino se alimenta agua de proceso del tanque # 3, solo para la arrancada. El flujo de producto luego es bombeado a la etapa de lavado de fibras gruesas.

3.2.1.4 Lavado de Fibra gruesa y Fibra fina

Las fibras son la parte celulósica del grano de maíz y tienen dos fracciones diferentes, las cortezas o fibras gruesas, y las fibras finas o sémolas. A causa de sus propiedades diferentes las cortezas y las fibras finas se lavan separadas para asegurar un mejor resultado y menores pérdidas. La lechada del molino fino se hace pasar por una lavadora de corteza en 4 etapas de tipo transportador vertical de tornillo sinfín. El agua de enjuague se añade y se conduce a contracorriente; de las lavadoras de corteza se obtiene entonces cortezas limpias y una lechada de almidón con algunas fibras finas. La lechada de almidón desciende por gravedad a las lavadoras de fibra fina, esta es una unidad de tamices cónicos y paralelos en cuatro etapas. El lavado de las fibras finas se realiza a contra-corriente utilizándose agua sulfurosa. Los productos que resultan de estas lavadoras son sémolas limpias y una lechada de almidón con gluten, denominándose “Mill-flow”- Flujo de molino, y que constituye la corriente principal del proceso. Esta lechada se recepciona en el tanque de almidón crudo y en el tanque misceláneo.

La concentración del flujo de proceso debe ser de 6-8⁰Bé. Las fibras, que contienen cerca del 90% de humedad son bombeadas hacia la sección de deshidratación de fibras, finalmente se unen con las fibras gruesas, se prensan, se secan y se destinan para la elaboración del pienso animal.

3.2.1.5 Lavado y Secado de germen

Los gérmenes provenientes de las degerminadoras #1 y #2 son enviados por las bombas de embriones a una caja de derivación, la cual divide este flujo junto con el que viene de la segunda etapa de de-germinación hacia las etapas de lavado de germen y se realiza lavado a contracorriente con agua de cierta composición de arrastre de procesos. Posteriormente se prensa y se somete al proceso de secado en un secador tubular calentado por vapor, el producto resultante se utiliza para la elaboración del pienso animal. El líquido que ha funcionado como medio de transporte de los gérmenes es reciclado al sistema por el tanque colector, y una vez en el tanque, es entonces derivado a las entradas de los molinos (previo 1 y previo 2).

3.2.1.6 Separación Primaria y obtención de Gluten

El flujo de la planta que contiene almidón y proteína (gluten), esta última en parte soluble, llega proveniente de un tanque de alimentación. En el separador primario, el cual es un separador centrífugo de tipo boquilla a alta velocidad con dispositivo de agua de lavado, la proteína insoluble se parte como una fracción ligera (reboso) y el almidón queda como la fracción pesada (subflujo), no obstante, todavía conteniendo impurezas. En esta etapa el flujo de alimentación de la separadora se regula manualmente siendo para una molida de 12 vueltas $35 \text{ m}^3/\text{h}$, y la proteína insoluble se quita lavando. El agua de lavado usada viene del tanque de proceso # 4 con un flujo de $10 \text{ m}^3/\text{h}$. El rebose se descarga por un disco centrifugo encerrado y el subflujo se obtiene por una bomba de traslado a desareación. La capacidad de la etapa primaria corresponde a 100 ton de maíz/ 24 h, dependiente de las otras partes del proceso.

La fracción de proteína o de gluten que sale de la separación primaria tiene una concentración de 6 -12 g/ l. Este reboso es ventajoso concentrarlo, por lo que pasa por un sistema de flotación (cajas de espuma) y posteriormente por un concentrador centrífugo de tipo boquilla. Este concentrado se alimenta al tanque de gluten para su venta. El subflujo de las cajas de espumas, siendo agua del proceso va al tanque de proceso #3. Del concentrador de gluten se obtiene como reboso un agua de proceso 2-5 g / l de insolubles y va a los tanques de agua del proceso 1 ó 3. La capacidad máxima del sistema de concentración de gluten corresponde a 175 t Maíz.

3.2.1.7 Refinación del Almidón

El refinado consiste en terminar de separar el almidón de la proteína, para esto se pasa la lechada por una serie de centrífugas (1^{er}, 2^{do} y 3^{er} refino). En esta sección se lava el almidón con agua a contracorriente y en el 3^{er} refino se envía esta agua a una centrífuga denominada concentrador de middlings (principalmente proteínas y granos de almidón), aquí se separa el agua de la lechada, esta última se envía al tanque de almidón crudo y el agua se reincorpora al proceso. La leche de almidón obtenida en la tercera etapa de refinado es alimentada al tanque de refino y desde ahí esta es bombeada hacia la etapa de desaguado de almidón o alternativamente a la sección de glucosa. La capacidad máxima para la sección de refinación es de 200-300 ton/24 horas dependiente al resto del proceso.

3.2.1.8 Sección de Conversión por hidrólisis ácida, refinación y concentración del hidrolizado para la elaboración del sirope de glucosa

La suspensión de almidón refinado con una concentración de 17 a 20 Bé se acidula de forma automática mediante ácido clorhídrico a un valor de pH de aproximadamente 1.7 en el tanque C1140. Luego la misma es bombeada a través de varios intercambiadores de calor C7200, mediante pulsaciones y una presión de 20 a 30 atmósferas, utilizando una bomba de diafragma operada hidráulicamente C3201. A estos calentadores en serie le sigue una zona de reacción donde la temperatura se mantiene constante.

En los intercambiadores la suspensión de almidón se calienta indirectamente mediante vapor hasta una temperatura de alrededor de 140⁰C, en cuyas condiciones tiene lugar una conversión a un valor de ED entre 38 y 42, luego de tener un tiempo de retención en el reactor de seis a ocho minutos. Luego de la conversión se realiza una neutralización a un pH de 3.8, mediante una solución de carbonato de sodio, previamente preparada a 13 Bé y bombeada a través de la bomba master.

El hidrolizado neutralizado se enfría en un ciclón de expansión C9200 hasta una temperatura de 75⁰C, lo cual es seguido por un ajuste de precisión del pH a 4.8 para lograr que las proteínas que se encontraban disueltas en el hidrolizado coagulen y se tornen insolubles.

Por medio de la separadora centrífuga R9110 las proteínas insolubles y grasas se extraen del hidrolizado antes que se lleve a cabo la etapa de decoloración. Luego el hidrolizado pasa al

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

tanque R1510 donde se le adiciona el carbón activado y se mantiene en agitación constante, el carbón se dosifica manualmente adicionando aproximadamente 100 g/L de carbón al hidrolizado. Con el fin de proporcionar el completamiento del tiempo de retención adecuado, se envía al tanque R1640 para posteriormente pasar al filtro rotatorio R 9310.

En el filtrado al vacío, donde previamente se ha preparado una pre-capa con tierra de infusorio, se extraen el resto de las proteínas insolubles y grasas, así como el carbón activado adicionado durante la decoloración.

En el filtro de tambor la sub-presión se mantiene mediante una bomba de vacío y los residuos de carbón y de tierra de infusorios empleados, junto a las proteínas y grasas, y pequeñas cantidades de hidrolizado salen del filtro de tambor en forma de material bastante seco, el cual es acumulado en una tolva a través de un transportador para ser vaciado en camiones en calidad de residuo.

Antes de comenzar la concentración se realiza un ajuste final del pH de forma automática con carbonato de sodio en el tanque E1120 a valores de 4,4 a 5,2, desde donde el hidrolizado rebosa al tanque E1110 para ser bombeado al tanque E1220 desde donde es alimentado a un evaporador de tres tapas E9230.

El primer efecto está provisto de serpentines que ofrecen un calentamiento previo para el hidrolizado y de un eyector de vapor vivo para conseguir una máxima utilización del vapor requerido en la evaporación. El triple efecto trabaja con vapor de calderas y vahos del efecto anterior, acoplado a un sistema de condensadores que garantizan el vacío necesario, para en primer lugar evitar el aumento de color del sirope por el efecto que sobre los azúcares y sustancias coloidales ejercen las altas temperaturas y garantizar una disminución apreciable del consumo de vapor hasta obtener la concentración de salida del sirope de glucosa de 65⁰Brix para el sirope por hidrólisis enzimática.

En el caso del sirope producido por hidrólisis ácida el triple efecto está seguido por un vaso concentrador final E9230 donde el hidrolizado se somete a una concentración final hasta alcanzar valores de 81 a 84⁰Brix, seguido de un enfriamiento por expansión (E9323) a una temperatura apta para el almacenamiento del sirope de glucosa (55,⁰ 0C).

El sirope procedente del triple efecto o del concentrador final, según sea el caso se envía a los depósitos de almacenamiento, a través de un depósito de mezcla (E1410) con agitación constante. Este depósito tiene por objeto eliminar las fluctuaciones, si las hubiera, en la concentración del sirope que proviene del evaporador. Los seis tanques de almacenamiento se encuentran aislados térmicamente y tienen una capacidad cada uno para 200 toneladas de sirope de glucosa.

3.2.1.9 Planta de Tratamiento de Residuales

Todos los residuales generados en el proceso productivo son procesados en dicha planta primeramente pasan por la Cámara de rejillas donde se eliminan sólidos groseros y el residual continua con un flujo laminar por los desarenadores donde se separan arenas y sólidos pequeños, la limpieza de los mismos se realiza de forma manual, seguidamente el residual se mezcla con cal y sulfato de alúmina que actúa como agente floculante y elevan el pH del residual hasta los valores establecidos en las normas de vertimiento. Seguidamente pasa a dos sedimentadores donde ocurre la sedimentación de los lodos que son extraídos y vendidos como alimento animal. El agua sobrenadante pasa por una cascada donde se oxigena el residual antes de ser vertido a la bahía.

La disposición final de estas aguas residuales se realiza por medio de una tubería de 1500 metros de longitud que tributa hacia el arroyo Inglés, a unos 20 metros de su desembocadura en la bahía de Cienfuegos, cuerpo receptor clasificado cualitativamente según las normas ambientales nacionales NC 27 : 1999 Vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado y NC XX : 2001 Vertimiento de aguas residuales a las costas y aguas marinas, como clase a y que comprende zonas priorizadas de conservación ecológica, como es el caso del ecosistema Bahía de Cienfuegos.

3.2.2 Construcción de los diagramas de procesos

Para la construcción y el análisis detallado de un ACV se construye el diagrama del proceso productivo que se muestra en el **Anexo No.17** y el diagrama SIPOC en el **Anexo No.18**. Con la información recogida se elabora el inventario con todas las entradas de energía, de materias primas, el producto final y las emisiones al aire, al agua y al suelo que intervienen en el ciclo de vida de la producción del sirope de glucosa ácida en la UEB Glucosa de Cienfuegos (**Anexo No.19**).

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.2.3 Procesar los Datos

Para este estudio de Análisis del Ciclo de Vida se utiliza el software openLCA. Esta herramienta informática desarrollada por Green DeltaTC permite evaluar los impactos medioambientales de productos y comparar los resultados. Se utilizan la base de datos: *Ecoinvent unit process* y *Ecoinvent system process*. Los datos recopilados se procesan en el software y los resultados obtenidos son mostrados a continuación.

3.3 Etapa III: Evaluación del impacto.

- Definición de las categorías de impacto.

Las categorías de impactos son los efectos producidos sobre el medio ambiente que causan los aspectos medioambientales del sistema producto analizado. Para la evaluación del impacto en esta investigación se utiliza Eco-Speed un método conformado para el contexto cubano, la relación de las categorías de impacto con las categorías de daño así como el ámbito de acción se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3: Relación de las categorías de impacto con las categorías de daño y el ámbito de acción del método Eco-Speed. **Fuente:** Elaboración propia.

Categoría de Impacto	Categoría de Daño	Ámbito de Acción
Efectos Carcinogénicos en el aire, el agua y el suelo.	Salud Humana	Local
Efectos No-Carcinogénicos en el aire, el agua y el suelo.	Salud Humana	Local
Uso del agua	Consumo de Recursos	Local
Uso del suelo	Consumo de Recursos	Local
Uso de la energía	Consumo de Recursos	Global
Uso de los minerales	Consumo de Recursos	Global
Ecotoxicidad del Aire, del Suelo y del Agua	Daños a los ecosistemas	Local
Calentamiento Global	Daños a los ecosistemas	Global
Reducción de la Capa de Ozono	Daños a los ecosistemas	Global

- Clasificar resultados del análisis del inventario y cálculo de los indicadores de categoría.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de determinadas las categorías de impacto se procede a realizar el cálculo de los indicadores de categoría utilizando el software openLCA. En la Tabla 3.4 se muestran los valores de Ponderación obtenidos de cada categoría de impacto y en la Figura 3.1 se presentan de forma gráfica estos resultados, así se determina que las categorías de mayor incidencia son: el uso del suelo, el uso del agua, y la toxicidad de agua dulce.

Tabla 3.4: Valores de Ponderación de las categorías de Impacto. **Fuente:** Elaboración propia.

Categorías de Impacto	UM	Almidón de Maíz
Toxicidad Agua Dulce	Pt	1,673982266
Smog Fotoquímico	Pt	0,030202944
Uso del suelo	Pt	2,860427451
Capa de ozono	Pt	0,041685516
Toxicidad Humana	Pt	0,050945356
Agotamiento de Recursos	Pt	0,759768037
Calentamiento Global	Pt	1,289244914
Eutrofización	Pt	0,836050792
Toxicidad Marina	Pt	0,012996742
Acidificación	Pt	0,545444717
Uso del Agua	Pt	2,397632334

Es importante destacar que en las categorías de impacto que se presentan en la tabla 3.4 el Smog Fotoquímico y la Toxicidad Humana incluyen las categorías de Efectos Carcinogénicos y No-Carcinogénicos en el aire, el agua y el suelo; la categoría Agotamiento de Recursos incluye el uso de la energía y de los minerales; y la Toxicidad Agua Dulce, Toxicidad Marina, la Eutrofización y la Acidificación equivalen a la Ecotoxicidad del Aire, del Suelo y del Agua.

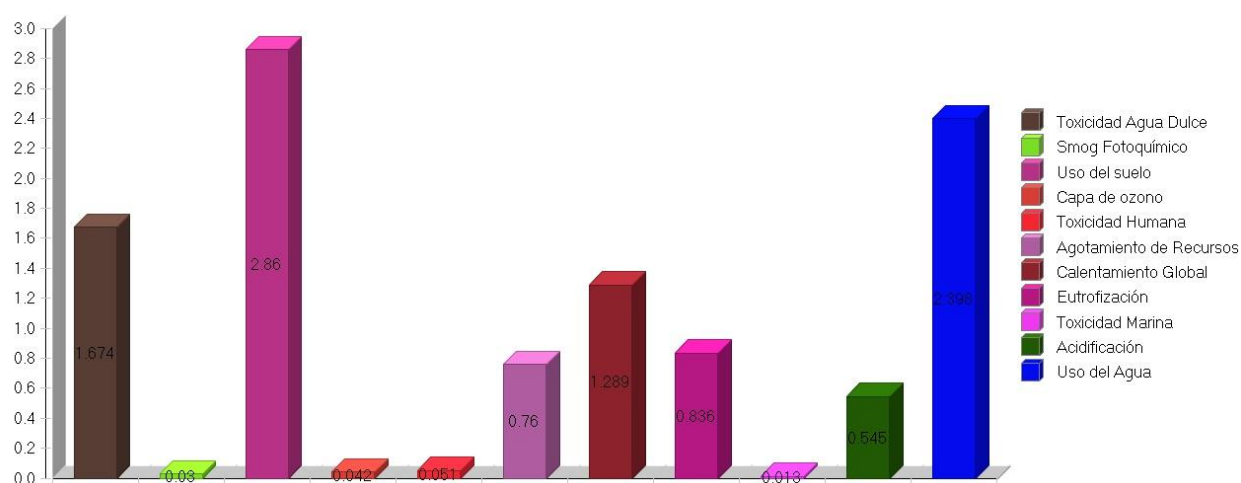


Figura 3.1: Evaluación de las Categorías de Impacto. **Fuente:** Elaboración propia.

Para un estudio más detallado en el diagrama de Pareto de la Figura 3.2 se visualiza claramente que el uso del suelo, el uso del agua, la toxicidad de agua dulce, el calentamiento Global y la Eutrofización representan más del 80% de los valores de las categorías de impacto por tanto constituyen los principales impactos ambientales que provoca el proceso de producción de la glucosa ácida.

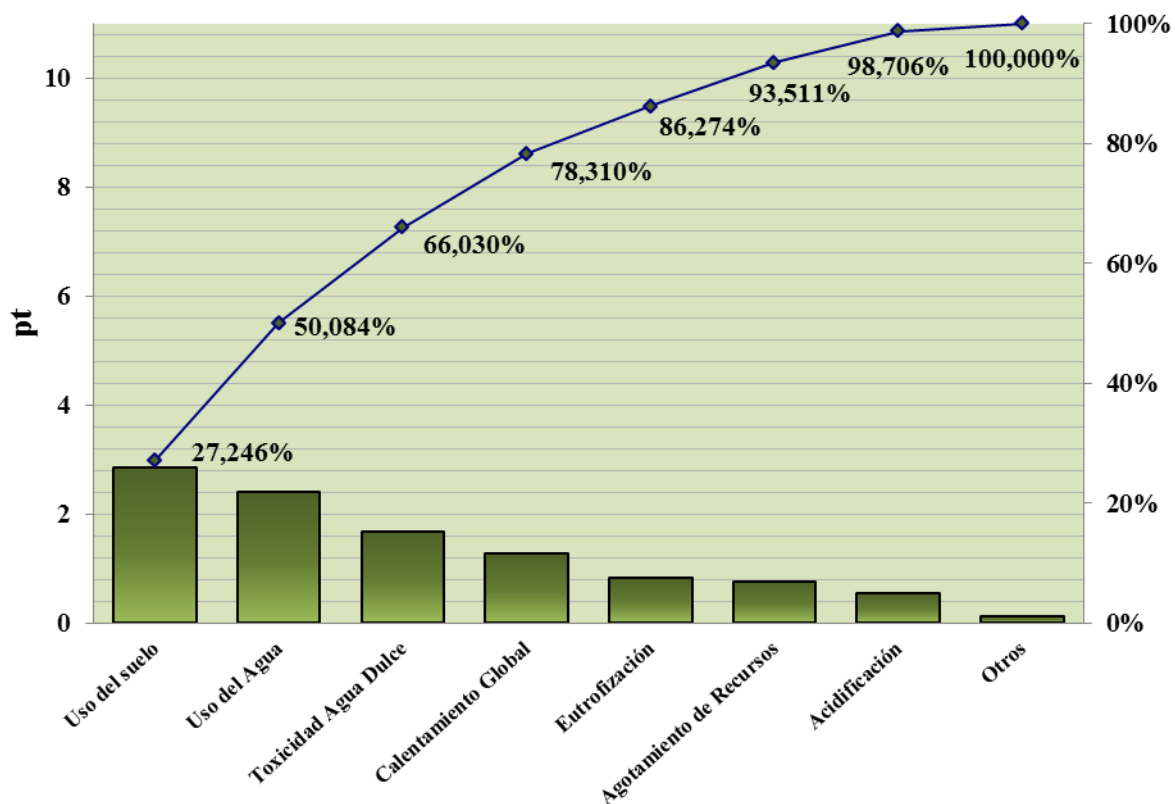


Figura 3.2: Diagrama de Pareto para las categorías de impacto. **Fuente:** Elaboración Propia

Por categoría de daños se puede observar en la Figura 3.3 que el proceso de producción tiene una mayor incidencia sobre el consumo de recursos (57,32%) por contar con las categorías de impacto uso del suelo, uso del agua y toxicidad de agua dulce. En el **Anexo No.20** se muestran las cargas ambientales del proceso productivo asignadas a las categorías de impacto más representativas y se puede percibir que el maíz utilizado en la fábrica constituye la materia prima

que más influye en éstas. Es necesario por tanto proponer mejoras que disminuyan el consumo de este recurso.

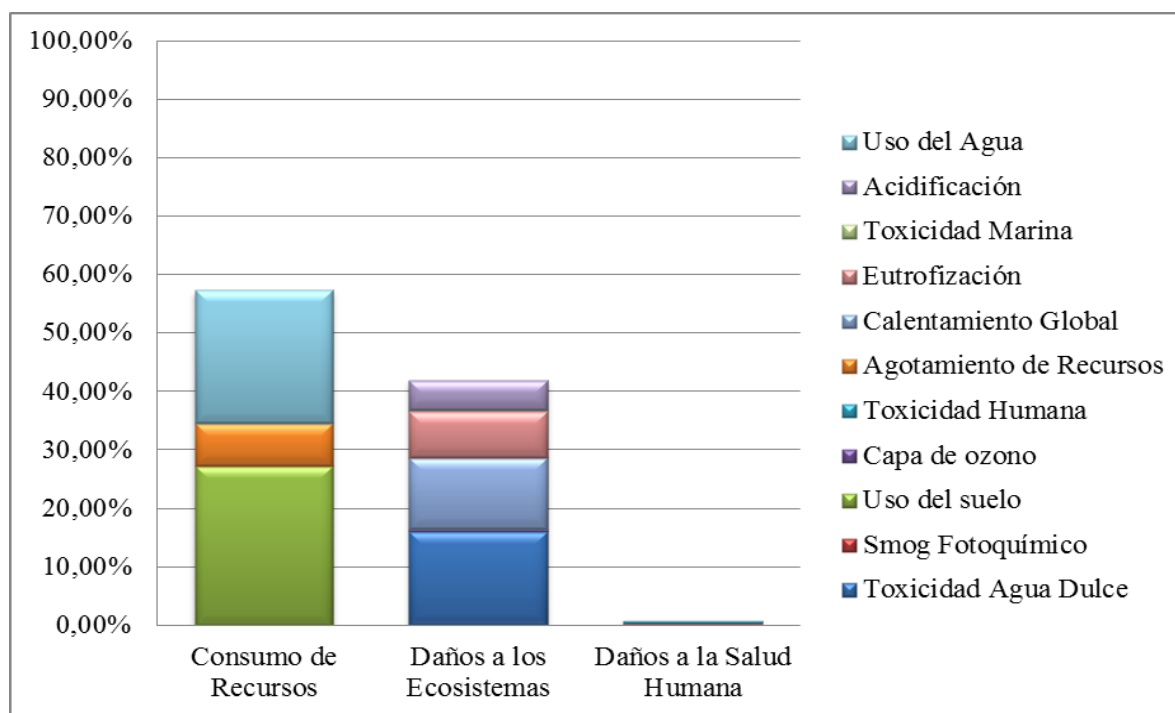


Figura 3.3: Evaluación del impacto mediante las categorías de daño del método Eco-Speed.

Fuente: Elaboración Propia

Como se ilustra en la tabla 3.5, el índice de consumo del maíz para la elaboración del Sirope de glucosa ácida en el año 2011 se encuentra por encima de la norma de consumo establecida por lo que ha habido pérdidas considerables de este recurso en el proceso productivo.

Tabla 3.5: Índice de consumo real de maíz para la elaboración de sirope de glucosa ácida.

Fuente: Balance de producción de la UEB Glucosa de Cienfuegos en el año 2011.

Recurso	Norma de Consumo	Índice de Consumo real
Maíz	1,9T/T _{glucosa}	2,02T/T _{glucosa}

En el año 2011 se producen 747,47T de glucosa ácida, teniendo en cuenta los índices representados en la tabla 3.3 se sobreconsumen solamente en el proceso de producción de la glucosa ácida aproximadamente 89 700kg de maíz anuales. Las posibles causas de este

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

sobreconsumo se generan inicialmente mediante una tormenta de ideas de un grupo de expertos que conocen bien el proceso productivo.

Para la conformación de este grupo primeramente se determina la cantidad de expertos necesarios (**Anexo No.21**) que en este caso resultan 8, y luego se eligen los integrantes teniendo en cuenta el conocimiento del proceso productivo (**Anexo No.22**). Las causas se agrupan por afinidad y para una mejor visualización se representan en el diagrama Ishikawa de la figura 3.4 utilizando el método de enumeración de causas.

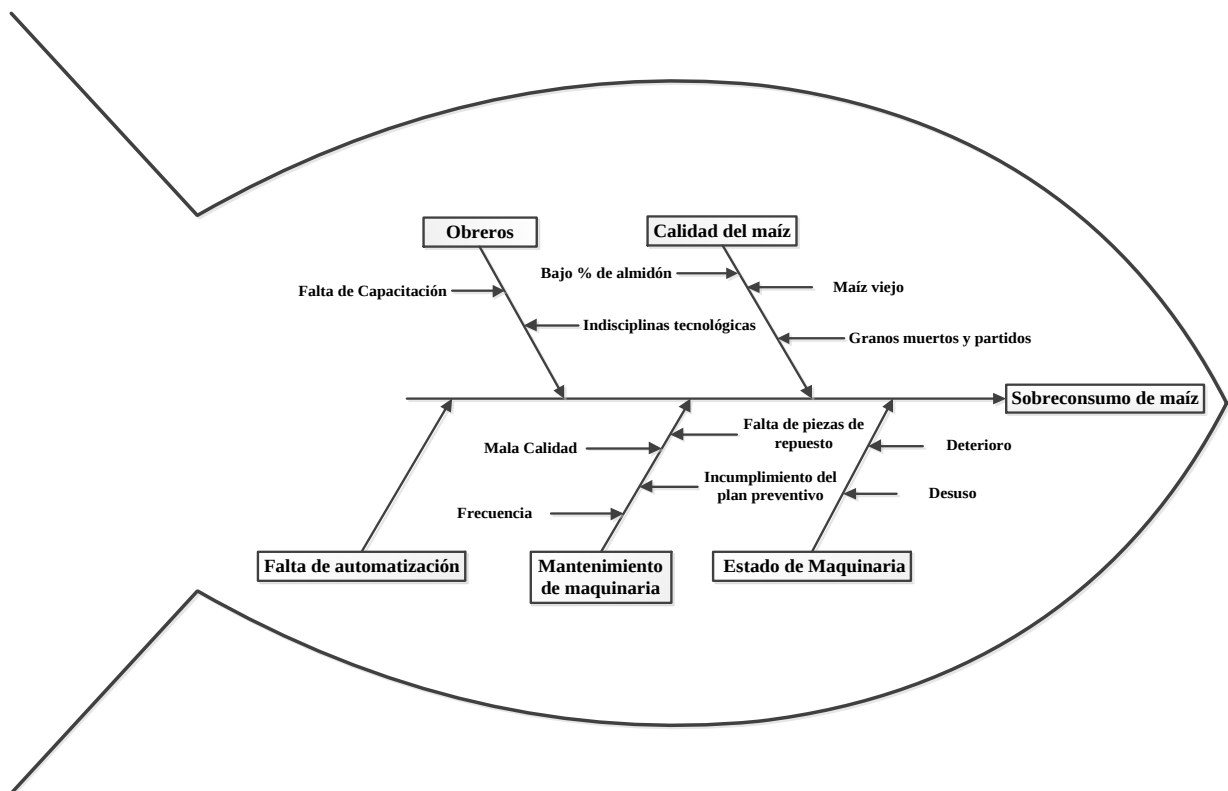


Figura 3.4: Diagrama Ishikawa para el sobreconsumo de maíz en la elaboración de la glucosa ácida. **Fuente:** Elaboración Propia

Para decidir cuáles son las causas más importantes del sobreconsumo de maíz los expertos realizan una votación por orden de prioridad del 1 al 12. Los expertos asignan 1 punto a la causa que consideran más importante y así sucesivamente hasta 12 al de menor importancia. Los resultados de la votación se encuentran en el **Anexo No.23**. Para determinar la concordancia de los expertos se calcula el Coeficiente de Kendall (**Anexo No.24**), el resultado de los cálculos pertinentes es de 0,85 lo que indica que se debe aceptar la decisión de los expertos. Siendo así según el análisis realizado las causas determinadas siguen el orden de prioridad siguiente:

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

1. Deterioro de los equipos. (transportadores, lavadoras de fibras finas,)
2. Incumplimiento del plan preventivo de mantenimiento
3. Bajo porciento de almidón en el maíz
4. Desuso de algunas máquinas. (secadora de forraje)
5. Poca frecuencia del mantenimiento
6. Indisciplina Tecnológica. Mala manipulación de los equipos.
7. Mala calidad del mantenimiento.
8. Utilización de maíz viejo.
9. Gran cantidad de granos muertos y partidos
10. Falta de automatización del proceso productivo
11. Falta de piezas de repuesto
12. Falta de capacitación de los operarios.

Por lo que las opciones de mejoras deben enfocarse a la solución de las principales problemáticas identificadas que inducen al sobreconsumo de maíz.

En la tabla 3.4 se puede observar cómo el consumo de agua en la fábrica se comporta superior al consumo planificado en el año 2011. En entrevistas realizadas los expertos señalan que la fábrica viene teniendo un sobreconsumo considerable de agua en los últimos años, además, en un recorrido realizado a la planta se han identificado varias situaciones que provocan derrames de este recurso. Algunas de esas situaciones pueden ser solucionadas de manera relativamente simple y económica como se muestra en el epígrafe siguiente.

Tabla 3.6: Consumo planificado y real del agua en el año 2011. **Fuente:** Balance energético de la UEB en el 2011.

Recurso	Plan Anual	Consumo real
Agua	198 630m ³ /año	217 886m ³ /año

3.4 Etapa IV: Análisis de Mejoras

3.4.1 Propuestas de mejoras para la disminución de las pérdidas de maíz y del agua

Las variantes de mejoras están encaminadas a la reducción del consumo de maíz y del agua porque son recursos importantes que influyen en el impacto ambiental de la producción de la glucosa ácida.

3.4.1.1 Propuestas de mejoras para disminuir las pérdidas de maíz en el proceso.

- Propuesta 1. Sustitución de la tornillería de acero negro por inoxidables en los Conos de las Lavadoras de Fibras Finas:

Utilizar tornillos de acero inoxidable para el ajuste en los aros de las Lavadoras de Fibras Finas disminuye el tiempo perdido por el desgaste en los tornillos de acero negro dada a la corrosión existente, así como las pérdidas de producto (maíz) por las paradas imprevistas que ocurren por causa de este equipo.

- Propuesta 2: Activación de la segunda prensa de forraje:

Activar la segunda prensa de forraje permite dar continuidad al proceso de molinación en caso que suceda una avería imprevista en la prensa de forraje # 1; es decir sacando de servicio la # 1 y entrando en línea la #2.

- Propuesta 3: Reparación general de los transportadores del área de limpieza:

Por el mal estado de los transportadores de cangilones, horizontales y verticales, ocurren grandes derrames de maíz.

- Propuesta 4: Reparación de zarandas (separadores de piedra):

Las zarandas o separadores de piedras permiten eliminar las pajas, pedazos de mazorcas y maíz partido. El deterioro de estos equipos permite que una gran parte del maíz sano se pierda.

- Propuesta 5: Elaboración y aplicación de un plan de mantenimiento preventivo que cumpla con las necesidades de la fábrica:

En el transcurso del año anterior ocurren muchas roturas en diferentes equipos (molinos, secador de forraje, degerminadoras, transportadores, etc.) producto de la falta de mantenimiento. Por el

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

deterioro de la maquinaria de la fábrica debido en gran parte a los años de uso, se requiere un mantenimiento preventivo frecuente y un monitoreo regular que evite las paradas en el proceso productivo y en consecuencia la pérdida de gran cantidad de producto. Aplicando **mantenimiento de rutina** (lubricación, ajustes, tratamiento de agua para evitar incrustaciones o cambio de algunas piezas y partes de rápido desgaste) se consigue alargar el tiempo en que se va a producir un desperfecto, o sea, se puede mantener el equipo más tiempo con sus condiciones iniciales. De aquí la importancia que se realicen estrategias de mantenimientos para disminuir pérdidas en el proceso productivo por averías imprevistas. Las estrategias de mantenimiento que se proponen son:

Mantenimiento Preventivo: es el efectuado sistemáticamente, con la intención de mantener una instalación en condiciones específicas y reducir la posibilidad de los desperfectos, restituyendo su eficiencia en más del 90% de sus condiciones iniciales. Se establecen aquí las revisiones periódicas que sean necesarias, a través de ellas se determina en qué condiciones se encuentra el equipo y si es necesario ajustar el ciclo, es decir anticipar o posponer la próxima reparación. Estas revisiones los especialistas la llaman **mantenimiento de diagnóstico**.

Ventajas: No debe ocurrir desperfecto completo (paralización imprevista), con la secuela de afectaciones a la producción.

Mantenimiento Predictivo: Se somete el equipo o instalación a actividades de control continuamente o a intervalo, utilizando para ellos instrumentos adecuados. Los resultados facilitan la planificación y las reparaciones tan pronto como sea necesario evitando mayores riesgos de paro; esta estrategia elimina el riesgo de la **preventiva** de sustituir piezas cuando todavía se puedan utilizar.

3.4.1.2 Propuestas de mejoras para disminuir el consumo de agua en el proceso.

- Propuesta 6: Activar el regulador de nivel en el tanque colector 010-05.

El regulador de nivel en el tanque colector 010-05 regula el flujo de agua sulfurosa proveniente de la torre # 2 de absorción, manteniendo así el nivel del tanque con la deposición del resto de las aguas que a él llegan y evitando los derrames continuos.

- Propuesta 7: Recuperar el sistema de arrancada del convertidor.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Reparar válvula de recirculación de agua y válvula flotante del tanque de arrancada del convertidor.

- Propuesta 8: Reparación de la torre de enfriamiento de agua.

Fundir y colocar las tablillas faltantes a la torre de enfriamiento para evitar pérdidas de agua

- Propuesta 9: Colocar válvulas de accionamiento automático en las mangueras utilizadas para la limpieza.

Comprar tres válvulas con gatillos de cierre rápido para evitar la pérdida de agua en la limpieza.

- Propuesta 10: Sistema de recuperación del condensado y agua de reboso del calentador.

Conformar sistema de recolección y distribución de agua de condensado.

3.4.2 Análisis del impacto ambiental con las propuestas de mejora en el proceso.

Con las propuestas se recuperan 162 350 kg de maíz y 39 540,57 m³ de agua al año, de esta manera, como se muestra en la figura 3.5, el impacto ambiental del proceso disminuye un 8,58%.

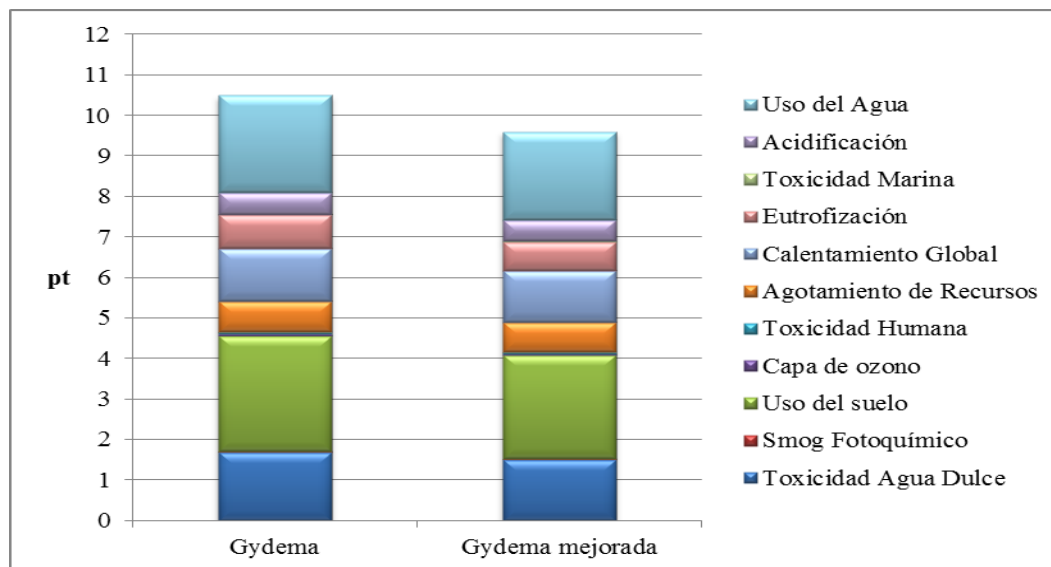


Figura 3.5: Comparación del impacto ambiental del proceso de producción de glucosa ácida actual con el mejorado. **Fuente:** Elaboración Propia.

La recuperación del maíz y el agua permite la disminución de los residuales sólidos y líquidos y por consiguiente la disminución de indicadores importantes en las aguas residuales de la fábrica entre ellos el pH, el DBO₅ y el DQO.

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

La disminución del impacto ambiental viene dada principalmente por la disminución de las categorías del uso del suelo en 10,84%, del uso del agua en 9,16%, la toxicidad de agua dulce en 10,44% y la eutrofización en 13,40% como se muestra en la figura 3.6 y en la tabla 3.7.

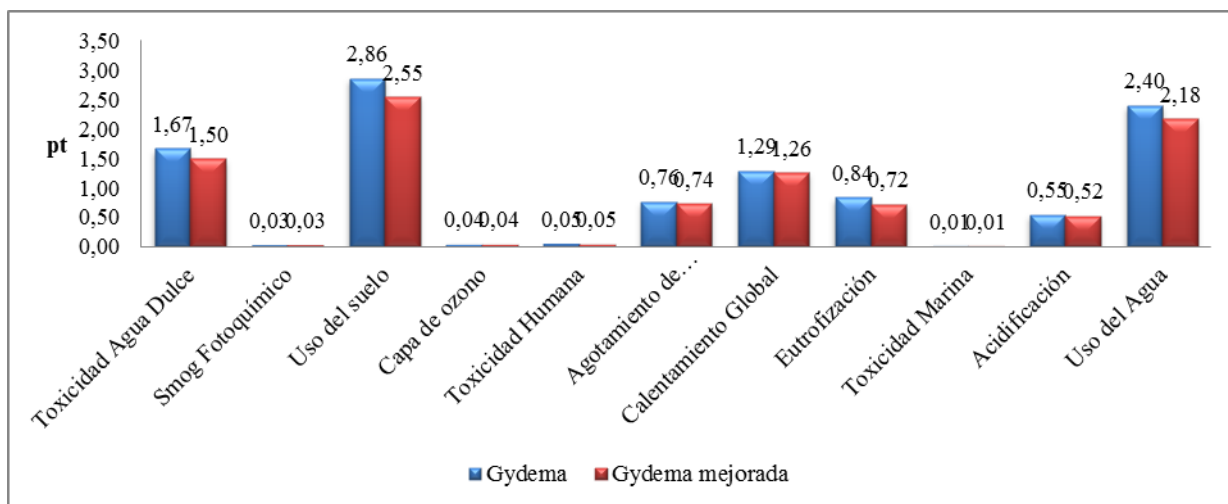


Figura 3.6: Disminución de las categorías de impacto con las mejoras propuestas. **Fuente:** Elaboración propia

Tabla 3.7: Porcentaje de disminución de las categorías de impacto con las propuestas de mejora al proceso de producción de la glucosa ácida. **Fuente:** Elaboración Propia

Categorías de impacto del Método Eco-Speed	% de disminución
Toxicidad Agua Dulce	10,44%
Smog Fotoquímico	2,50%
Uso del suelo	10,84%
Capa de ozono	3,38%
Toxicidad Humana	7,98%
Agotamiento de Recursos	3,10%
Calentamiento Global	2,25%
Eutrofización	13,40%
Toxicidad Marina	7,09%
Acidificación	4,52%
Uso del Agua	9,16%

3.4.3 Análisis económico de las propuestas de mejoras

El costo de los materiales y los gastos de la mano de obra necesarios para ejecutar la sustitución de la tornillería en las lavadoras de fibra fina, la activación de la segunda prensa de forraje, la reparación general de los transportadores del área de limpieza y de las zarandas (separadores de

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

pedra) se encuentran en el **Anexo No.25**. En el caso de la elaboración y aplicación del plan de mantenimiento preventivo que cumple con las necesidades de la fábrica no se necesita realizar ninguna inversión ni incluir algún costo fijo pues los responsables son trabajadores encargados del mantenimiento en la fábrica y se cuenta con los equipos necesarios. Según los datos anteriores el costo total de la inversión es de \$26 911,22. Con estas propuestas se recuperan 162 350kg de maíz en el año y si esta cantidad se utiliza para la elaboración de glucosa ácida cuyo precio es de \$626,95/tn de glucosa se obtienen ingresos de \$50 388,78. En el **Anexo No.26** se muestran los materiales y mano de obra necesarios para las propuestas de disminución del consumo de agua. Según el estudio realizado el costo total de la inversión es de \$3 930,33. Teniendo en cuenta que el agua recuperada es 39 540,57 m³ y el valor de este recurso es de 0,30\$/m³, en la fábrica se reduce el gasto por concepto de agua en \$11 862,17. Por tanto el costo total de la inversión es de \$30.841,55 y el ahorro de la fábrica de \$62 250,95 anuales.

Para determinar las verdaderas ganancias de las propuestas se debe conocer el comportamiento del dinero en el tiempo, por lo que se determina el Valor Actual Neto (VAN) para los flujos de caja proyectados para 5 años de evaluación y la Tasa Interna de Retorno (TIR). La tabla 3.8 muestra los resultados, los valores que aparecen son el costo inicial de la inversión que incluye las inversiones para las cinco propuestas de disminución del consumo de maíz, y los beneficios por ingresos.

Tabla 3.8: Cálculo del VAN y el TIR para un período de cinco años. **Fuente:** Elaboración propia

Concepto	Años					
	0	1	2	3	4	5
Ingresos		62.250,95	62.250,95	62.250,95	62.250,95	62.250,95
Costos operacionales			0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficios operacionales		62.250,95	62.250,95	62.250,95	62.250,95	62.250,95
Depreciación		-1.850,49	-1.850,49	-1.850,49	-1.850,49	-1.850,49
Beneficios antes de impuestos		64.101,44	64.101,44	64.101,44	64.101,44	64.101,44
Impuestos		22.410,34	22.410,34	22.410,34	22.410,34	22.410,34
Beneficios después de impuestos		41.691,10	41.691,10	41.691,10	41.691,10	41.691,10
Inversiones	-30.841,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pago de la deuda		6.908,51	6.908,51	6.908,51	6.908,51	6.908,51
Flujo de caja	-30.841,55	32.932,10	32.932,10	32.932,10	32.932,10	32.932,10
Flujo de caja al descuento	-30.841,55	29.403,66	26.253,27	23.440,42	20.928,95	18.686,56

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Flujo de caja al descontado acumulado	-30.841,55	-1437,89	24815,38	48255,80	69184,74	87871,30
VAN	\$87871,30					
TIR	94%					

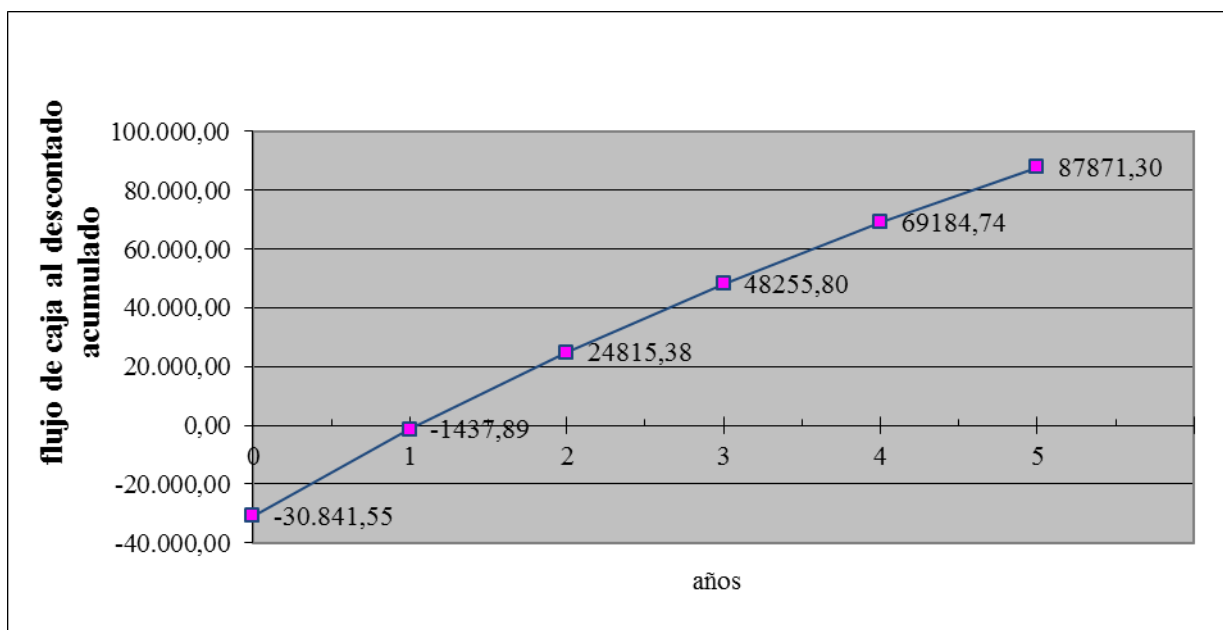


Figura 3.7: Valor gráfico del VAN. **Fuente:** Elaboración Propia

De los resultados anteriores se aprecia que la inversión es factible ya que se comienza a recuperar la inversión poco tiempo después del primer año (1,12 años) y el valor actual neto de la inversión al cabo de cinco años es de \$87 871,30 con un TIR atractivo de 94%. Con el análisis realizado se demuestra la factibilidad económica de las propuestas.

3.4.1 Otra Propuesta de Mejora Ambiental

Recolección de la Carga orgánica generada por averías imprevistas:

La composición y volumen de los residuales de la fábrica se afecta regularmente por interrupciones en el proceso productivo debido a dificultades tecnológicas de la industria. Esto provoca el desecho de la materia prima en proceso y con ello se incrementa la agresividad, el volumen de los residuales a tratar y las pérdidas económicas de la empresa.

La solución técnica que se propone se encuentra fundamentada en recolectar la carga orgánica o suspensión acuosa que contienen los equipos receptores en el proceso tecnológico cuando

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

ocurren paradas imprevistas que motiven la descarga del material. Así se evita el vertimiento al residual que puede provocar alteraciones en el proceso de tratamiento de los residuales por la fermentación en los sedimentadores debido al alto contenido de materia orgánica y nutrientes (carbohidratos, proteínas, grasas, etc.) aumentando de esta manera los impactos ambientales sobre ecosistemas que rodean a la fábrica, así como un elevado consumo de los re-agentes químicos y por consiguiente de los costos operacionales.

La solución técnica consiste en colocar un tanque de 4 m³ semi-soterrado, provisto de un agitador para evitar que el producto sedimente; debe tener instalada una bomba que se encargue de enviar el producto hacia la pipa cisterna ubicada en el exterior de la fábrica hasta 10 metros del sitio. Los gastos en mano de obra y materiales se encuentran en el **Anexo No.27**.

La carga orgánica recuperada se vende como alimento animal y se obtienen ingresos de \$77134,00 por año, de esta manera la inversión se recupera en dos meses como se muestra a continuación.

$$PRI = \frac{\text{Costo de Inversión}}{\text{Utilidades}}$$

$$PRI = \frac{8706,21MN}{77134MN}$$

$$PRI = 0,11 \text{ años} \approx 2 \text{ meses}$$

Esta medida resulta de gran importancia para la UEB pues disminuye las pérdidas económicas ocasionadas por las paradas imprevistas de la planta y a su vez evita el derrame de carga orgánica a los residuales lo que mejora la calidad de esa agua.

CONCLUSIONES PARCIALES

CONCLUSIONES PARCIALES

1. El uso del suelo, el uso del agua, la toxicidad de agua dulce, el calentamiento Global y la Eutrofización representan más del 80% de los valores de las categorías de impacto por tanto constituyen los principales impactos ambientales que provoca el proceso de producción de la glucosa ácida.
2. El maíz utilizado en la fábrica constituye la materia prima que más contribuye a las categorías de impacto más afectadas.
3. Los expertos señalan, en una entrevista realizada que el consumo de agua en la fábrica se viene comportando superior al consumo planificado en los últimos años.
4. La sustitución de la tornillería en las lavadoras de fibra fina, la activación de la segunda prensa de forraje, la reparación general de los transportadores del área de limpieza y de las zarandas (separadores de piedra) constituyen las principales medidas tomadas para la disminución del consumo de maíz.
5. La activación del regulador de nivel en el tanque colector 010-05, la recuperación del sistema de arrancada del convertidor, la reparación de la torre de enfriamiento de agua, la colocación de válvulas de accionamiento automático en las mangueras utilizadas para la limpieza, y la habilitación del sistema de recuperación del condensado y agua de reboso del calentador constituyen las principales medidas para la disminución del consumo de agua.
6. Con las propuestas de mejora se recuperan 162 350 kg de maíz y 39 540,57 m³ de agua al año, de esta manera el impacto ambiental del proceso disminuye un 8,58%.

Conclusiones

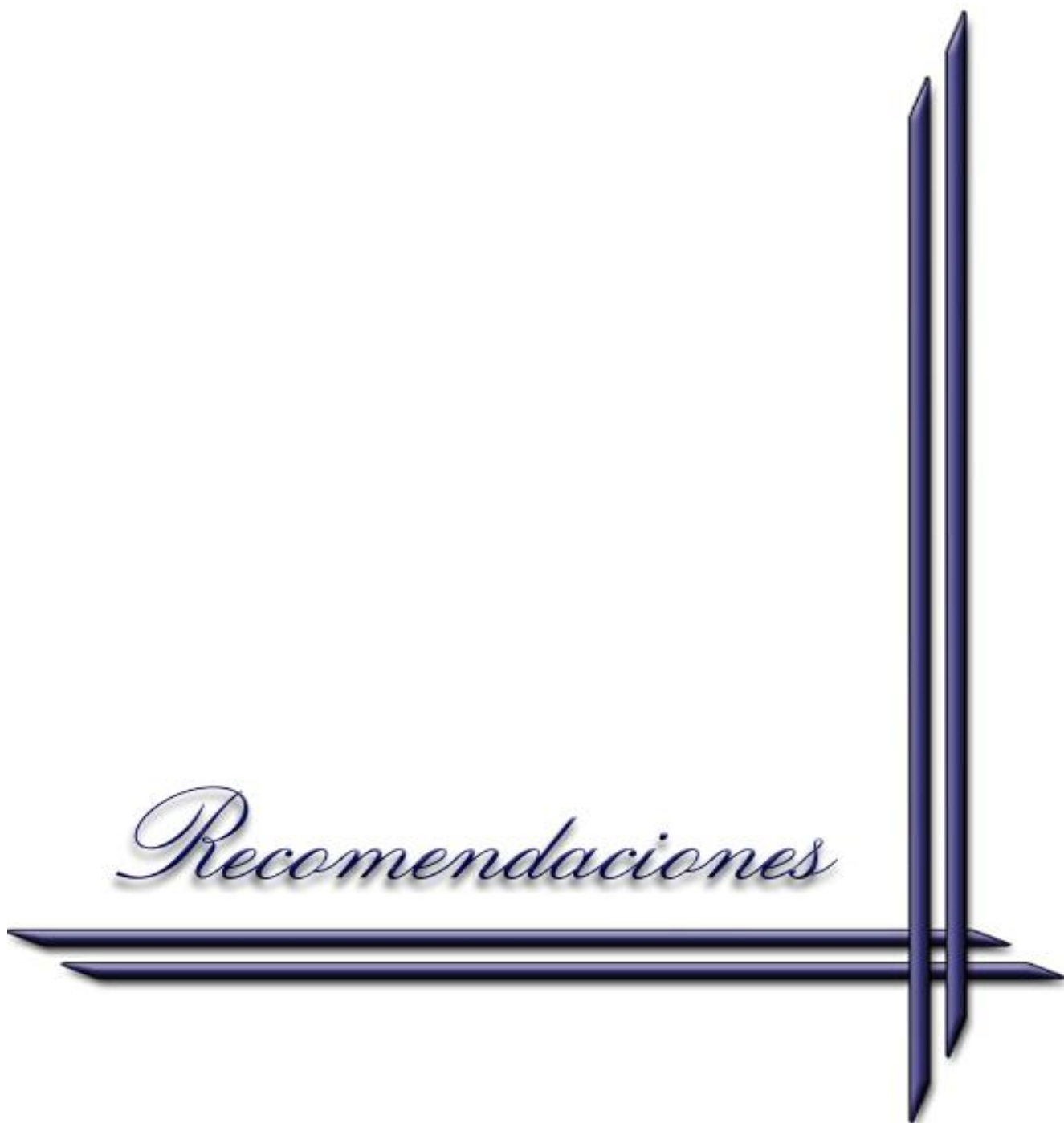


CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES GENERALES

1. En la evaluación del impacto ambiental de la glucosa ácida con el uso del software openLCA y de la metodología Eco-Speed se determina que el maíz constituye la materia prima que aporta una mayor carga contaminante en el ciclo de vida de la producción de la glucosa ácida pues influye en gran medida en las categorías de impacto principales.
2. Las principales categorías de impactos afectadas del proceso estudiado son el uso del suelo, el uso del agua, la toxicidad de agua dulce, el calentamiento global y la eutrofización pues representan el 86,27% de los impactos totales. La categoría de daño que más se afecta es el consumo de recursos con un 57,32% de incidencia.
3. Con las medidas propuestas se recuperan 162 350 kg de maíz y 39 540,57 m³ de agua, de esta manera el impacto total disminuye un 8,58%. Este resultado implica la disminución del uso del suelo en 10,84%, del uso del agua en 9,16%, de la toxicidad de agua dulce en 10,44% y de la eutrofización en 13,40%.
4. La inversión realizada se recupera en 1,12 años y el valor actual neto de la inversión al cabo de cinco años es de \$87 871,30 con un TIR atractivo de 94% por lo que resulta factible económicamente estas mejoras.

Recomendaciones



RECOMENDACIONES

1. Extender los estudios de evaluación del impacto ambiental al resto de los productos de la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos.
2. Presentar la investigación a la dirección de la UEB para debatir sobre la posibilidad de ejecutar las propuestas de mejoras.
3. Luego de aplicar las medidas de mejora en el proceso productivo realizar una nueva caracterización de residuales para comprobar la disminución del impacto ambiental.

Bibliografia



BIBLIOGRAFÍA

- About SimaPro. (2012). *SimaPro UK*. Recuperado a partir de <http://simapro.co.uk>.
- Álamo, L., González, M., & Sumpsi, C. (1998). Sistemas de gestión ambiental – Medio ambiente y tecnología. En *Guía ambiental de la UPC* (Edicions UPC., págs. 187-199).
- Andræ, A. S. G., Möller, P., Anderson, J., & Liu, J. (2004). Uncertainty Estimation by Monte Carlo Simulation Applied to Life Cycle Inventory of Cordless Phones and Microscale Metallization Processes. *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, (27(4).).
- Ángel. (2005). Los sistemas de gestión medioambiental en la empresa (SGMA). Recuperado a partir de [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).
- Aranda, A. (2006). *Ecodiseño y análisis de ciclo de vida. Metodología del Análisis de Ciclo de Vida*. Universidad de Zaragoza.
- Asamblea General de Naciones Unidas. (2005, Octubre 24). Documento Final de la Cumbre Mundial.
- Asbjomsen, O. A. (1995). Quality Assurance and Control (QAC) of Uncertainty Models and Simulations of Life Cycle Assessment (LCA). : 1995 *IEEE Proceedings of ISUMA-NAFIPS*.
- Ayres, R. U. (1995). Life Cycle Analysis: a critique. *Resources, conservation and recycling*, (14), 199-223.
- Baker, J. W., & Cornell, C. A. (2003). *Uncertainty Specification and Propagation for Loss Estimation Using FOSM Methods*. Pacific Earthquake Engineering Research, Berkeley, California: Center, University of California at Berkeley.
- Baker, J. W., & Lepech, M. D. (2009). *Treatment of Uncertainties in Life Cycle Assessment*. Stanford, USA: Stanford University.

- Beltrán, J., Carmona, M. A., Carrasco, R., Rivas, M. A., & Tejedor, F. (2002, Septiembre 15). Guía para una Gestión basada en Procesos. Berekintza.
- Björklund, A. E. (2002). Survey of Approaches to Improve Reliability in LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, (7(2)), 64-72.
- Calvo Salazar, M. (2006). Sostenibilidad Ambiental y Huella Ecológica en Áreas Metropolitanas. En *Los procesos metropolitanos: materiales para una aproximación inicial* (págs. 63-72). España: Fundación Pública Andaluza. Recuperado a partir de <http://dialnet.unirioja.es>.
- Carballo Penela, A. C. (2009). *La huella ecológica de bienes y servicios: desarrollo de un método de cálculo y aplicación al ciclo de vida del mejillón en conserva en Galicia*. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela.
- Carbon Trust. (2007). Carbon footprint measuring methodology. *Carbon Trust*. Recuperado a partir de <http://www.carbontrust.co.uk>.
- Carvalho Filho, A. C. (2001, Julio). *Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento– Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento*. Tesis doctoral, Universidad Politécnica De Cataluña.
- CEAC. (2011). *Caracterización y evaluación de los residuales líquidos de la empresa Glucosa*.
- Chacón Vargas, J. R. (2008, Diciembre). Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Con una bibliografía selecta. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*, (Nº 72), 37-70.
- Chargoy Amador, J. P., Rosas Millán, L. A., & Téllez Muradás, D. R. (2009, Enero 10). *Generación de inventarios para el Análisis de Ciclo de Vida de cemento, block, bovedilla, vigueta y ladrillo en la zona centro de México*. Tesis profesional, Universidad de las Américas Puebla.
- Chou Rodríguez, E. M. (2012). *Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Recepción, Limpieza y Maceración del Maíz, de la Empresa de Glucosa Cienfuegos*. Tesis en Opción al grado de Master en Producciones más limpias, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rdguez”.

- Ciroth, A. (2007). ICT for Environment in Life Cycle Applications openLCA – A new open source software for Life Cycle Assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, (12 (4)), 209 – 210.
- CNUMAD. (2002). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible*.
- Comisión Brundtland. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. ONU.
- Conesa, V., & Fernández, V. (2005). Los sistemas de gestión medioambiental en la empresa (SGMA). Recuperado a partir de [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).
- Contreras-Moya, A. M. (2011). Application of Life Cycle Assessment methodology for the evaluation of a Cuban cane sugar mill, by means of parameterized inventories. Presented at the CILCA 2011, México.
- Cordero Hernández, A., & Pérez Noa, C. (2010). *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de Azúcar en la provincia de Cienfuegos*. Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rdguez”.
- Dalgaard, R., Schmidt, J., Halberg, N., Christensen, P., Thrane, M., & Pengue, W. A. (2008). LCA of Soybean Meal. *International Journal of Life Cycle Assessment*, (13 (3)), 240 – 254.
- Danius, L. (2002). Data uncertainties in material flow analysis: Local case study and literature survey. *International Workshop on LCI-Quality*.
- Decreto Ley 138: *De Las Aguas Terrestres*. (s.d.). .
- Decreto Ley 212: *Gestión de la zona costera*. (s.d.). .
- Díaz Peña, M. (2009). *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de alcohol: ejemplo de caso ALFICSA*. Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos.
- DOE/EIA. (2009). .

- Dones, R., Heck, T., Emmenegger, M. F., & Jungbluth, N. (2005). Life Cycle Inventories for the Nuclear and Natural Gas Energy Systems, and Examples of Uncertainty Analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, (10(1)).
- EUROSTAT, European comision. (2008). .
- Ferret, R., Mendoza, G., & Castilla, M. (2004). *The Influence of Agricultural Data Uncertainty in the Life Cycle Assessment of Biodegradable Hydraulic Lubricants*. Proceedings of the 2nd Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs). España: Foundation Tekniker, Research and Development Center.
- García Bermúdez, F. (2011). *Análisis del Ciclo de Vida de la generación de energía eléctrica en la Empresa Termoeléctrica Cienfuegos*. Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rdguez“.
- García Llanes, M. B. (2012). *Evaluación y aplicación de estrategias de Producción más Limpia en la Sección Molienda húmeda del maíz, lavado y deshidratación de los subproductos en La Empresa Glucosa Cienfuegos*. Tesis en Opción al grado de Master en Producciones más limpias, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rdguez“.
- García, N. (2009). . Recuperado a partir de <http://emba.cubaminrex.cu/Default.aspx?tabid=26290>.
- GFN. (2007). Footprint term glosary. *Global Footprint Network (GFN)*. Recuperado a partir de <http://www.footprintnetwork.org>.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., & van Zelm, R. (2009). *ReCiPe 2008 A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at the midpoint and the endpoint level*. Netherlands: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Recuperado a partir de <http://www.vrom.nl>.
- Goedkoop, M., & Spriensma, R. (2001). *The Eco-indicator99 A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment*. Methodology Report, The Netherlands.

- Güereca Hernández, L. P. (2006, Noviembre). *Desarrollo de una metodología para la valoración en el análisis del ciclo de vida aplicada a la gestión Integral de residuos municipales*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Herramientas para la gestión ambiental. (s.d.). . Recuperado Febrero 21, 2012, a partir de <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/15HombAmb/160SGM.htm>.
- Holland, E. (2003). Can the principle of the Ecological Footprint be applied to measure the environmental sustainability of business? *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, (10), 224-232.
- Huijbregts, M. A. J. (2001). Framework for Modeling Data Uncertainty in Life Cycle Inventories. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, (6(3)), 127-132.
- Hunt, R. G., & Franklin, W. E. (1996). LCA- How it came about: Personal Reflections on the Origin and the Development of LCA in the USA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, (1(1)), 4-7.
- Iglesias, D. (2005). Relevamiento exploratorio del análisis del ciclo de vida de productos y su aplicación en el sistema agroalimentario. Recuperado a partir de <http://www.eumed.net/ce/2005/dhi-acv.pdf>.
- ISO 14 001. (2006). *Sistemas de gestión ambiental — Especificación con orientación para su uso*.
- ISO 14001. (2004). *Introducción a la Gestión Medioambiental*.
- ISO 14040. (2006). *ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*.
- ISO 9000:2000 *Sistemas de gestión de la calidad-Fundamentos y vocabulario*. (2000). .
- Jolliet, O. (2003). IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. *International Journal of Life Cycle Assessment*, (8(6)), 324-330.
- Lenzen, M. (2006). Uncertainty in Impact and Externality Assessments - Implications for Decision- Making (págs. 189-199).

Ley No. 81 del Medio Ambiente. (s.d.). .

Martínez, E. (2003). *Revista Trimestral latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sustentable.*

Meissner Schau, E., & Magerholm Fet, A. (2008). LCA Studies of Food Products as Background for Environmental Product Declarations. *International Journal of Life Cycle Assessment*, (13 (3)), 255 – 264.

Ministerio de Fomento. (2005). La gestión por procesos. En *Modelos para implantar la mejora continua en la gestión de empresas de transporte por carretera*. España. Recuperado a partir de http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/DIRECCIONES_GENERALES/TRANSPORTE_POR_CARRETERA/.

Moya Monteagudo, J. V. (2012). *Evaluación de Producción Más Limpia en la Planta de sirope de glucosa en la Empresa Glucosa Cienfuegos*. Tesis en Opción al grado de Master en Producciones más limpias, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rdguez”.

Narayanaswamy, V., Altham, W. (., Van Berkel, R., & McGregor, M. (2004). *Environmental Life Cycle Assessment (LCA) Case Studies for Western Australian Grain Products*. Western Australia: Centre of Excellence in Cleaner Production, Curtin University of Technology. Recuperado a partir de <http://cleanerproduction.curtin.edu.au/>.

Nonhebel, S. (2004). On resource use in food production systems: the value of livestock as 'rest-stream upgrading system. *Ecological Economics*, (48), 221–230.

Norris, G., Suppen, N., do Nascimento, A., & Ugaya, C. (2004). Impactos socio-económicos en el análisis de ciclo de vida de productos: de un Análisis Ambiental de Ciclo de Vida (ACV) a un ACV Sustentable, en Tópicos de ACV en Latinoamérica.

Oficina Nacional de Estadísticas. (2006). *Primer Compendio de Estadísticas del Medio Ambiente, Cuba 1990-2004*. Ciudad de la La Habana, Cuba. Recuperado a partir de <http://www.one.cu>.

Oficina Nacional de Estadísticas de Cuba. (2009). .

BIBLIOGRAFÍA

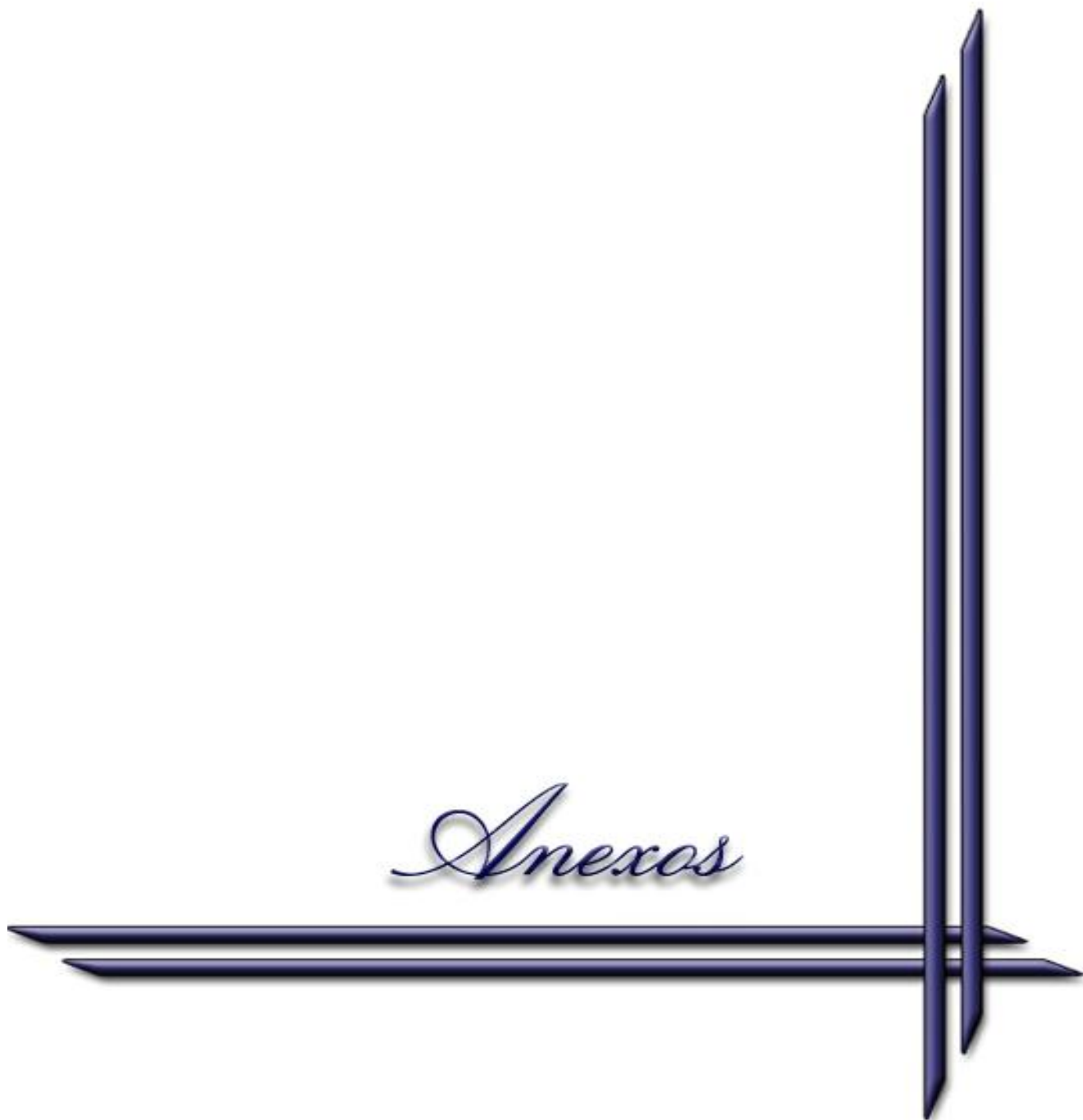
- Oficina Nacional de Normalización. (1999a). *NC 27:1999 Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado*.
- Oficina Nacional de Normalización. (1999b). *NC ISO 14 040:1999 Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y Estructura*.
- Oficina Nacional de Normalización. (2000). *NC-ISO 14041: 2000 Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Definición del objetivo y alcance y Análisis del inventario*.
- Oficina Nacional de Normalización. (2001a). *NC-ISO 14043: 2001 Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Interpretación del ciclo de vida*.
- Oficina Nacional de Normalización. (2001b). *NC-ISO 9000:2001 Sistemas de Gestión de la Calidad: Términos y Definiciones*.
- Oficina Nacional de Normalización. (2001c). *NC-ISO 14042: 2001 Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida*.
- Oficina Nacional de Normalización. (2007). *NC 521: 2007. Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas - Especificaciones*.
- Olszensuk. (2010). Aplicación del ACV en la producción lechera.
- Pérez Gil, M. (2011). Development of the parameterized inventories of life cycle and modelling of environmental profiles for the production of crude sugar in Cuba. Presented at the CILCA 2011, México.
- Pérez, J. I., Parra, C. M., & Ruíz, J. (2007, Septiembre 26). Uso del enfoque por procesos en la actividad investigativa. *Revista chilena de Ingeniería*, 15, 260-269.
- PNUMA. (2004). ¿Por qué adoptar un enfoque de ciclo de vida? St. Joseph Print Group.
- Pons, R. A. (2006). *Gestión por Procesos*.
- Pulkkinen, H., Krogerus, K., Katajajuuri, J., Saarinen, M., Hartikainen, H., Silvenius, F., et al. (2011). *Developing LCA methodology guide for the food industry*.
- Quevedo Reyes, Y. (2009). Medición del desarrollo sostenible mediante los indicadores Presión-Estado-Respuestas (PER).

BIBLIOGRAFÍA

- Rodríguez Grave de Peralta, F. (2011). *Evaluación del impacto ambiental del proyecto de vivienda Biplanta Tradicional en la empresa IDEAR*. Trabajo de Diploma, Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rdguez”.
- Rodríguez Pérez, B. (2007). Análisis de Distintas Herramientas Informáticas para el Análisis del Ciclo de Vida.
- Rodríguez Pérez, B. (2011). Eco-Speed, New Life Cycle Assessment Methodology for Latin American Countries. Presented at the CILCA 2011, México.
- Rodríguez, M., & Espinoza, G. (2002). Gestión ambiental en América Latina y el Caribe Evolución, tendencias y principales prácticas. Recuperado a partir de <http://www.iadb.org/sds/doc/Capitulo2.pdf>.
- Romero Rodríguez, B. I. (2003). El Análisis del Ciclo de Vida y la Gestión Ambiental. *Boletín IIE*, 91-97.
- Rozas Riquelme, P. A. (2011, Octubre 28). Conceptos de huella ecológica huella de carbono, agua virtual y huella hídrica. *monografias.com*. Recuperado a partir de <http://www.monografias.com>.
- Ruini, L., & Marino, M. (2009). LCA Semolina Dry Pasta Produced by Barilla.
- Santos Herrero, R. (2011). Life Cycle Analysis of Solid Waste Generated in Santa Maria Beach. Presented at the CILCA 2011, México.
- Schuermans, A. (2003). Data Quality Assessment Method for LCI-Data of The Dutch Building Industry. .” *International Workshop on LCI-Quality*, (7).
- SETAC. (1999). *Life Cycle Assessment and Conceptually Related Programmes* (pág. 28). Society for Environmental Toxicology and Chemistry.
- Software PE INTERNATIONAL. (2012). *Product Sustainability Software*. Recuperado a partir de <http://www.gabi-software.com/support/latest-update/webinar-land-use/>.
- Sonnemann, G., Castells, F., & Schuhmacher, M. (2003). *Integrated life cycle and risk assessment for industrial processes* (Lewis Publishers.).

- Stern, S., Sonesson, U., Gunnarsson, S., Öborn, I., Kumm, K. I., & Nybrant, T. (2005). Sustainable Development of Food Production: A Case Study on Scenarios for Pig Production. *Ambio*, (34), 402–407.
- Suh, S., Holderbeke, M. V., Jansen, B., Nielsen, P., Tukker, A., Huppes, G., et al. (2005). Analysis of the life cycle environmental impacts related to the total final consumption of the EU25. *Environmental impacts of products (EIPRO)*.
- Suppen, N., & van Hoof, B. (2005). Conceptos básicos del Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño. *Centro de Análisis de Ciclo de Vida y Diseño Sustentable*. Recuperado a partir de <http://www.lcamexico.com>.
- Tor, D. (2003, Enero 5). Sistema Integrado de Gestión Ambiental-Salud y Seguridad Ocupacional. Recuperado Febrero 21, 2012, a partir de <http://www.monografias.com/trabajos12/sisteint/sisteint2.shtml>.
- Trinius, W. (1999). Environmental Assessment in Building and Construction. En *Goal and Scope Definition as Key to Methodology choices* (Kungliga Tekniska Högskolan.). Estocolmo.
- United Nations. (2010). .
- Uresti-Gil. (2010). Evaluación de ciclo de vida para la producción de etanol a partir del maíz.
- Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. *New Society Publishers*, 160.
- Wiedmann, T., & Minx, J. C. (2008). A Definition of 'Carbon Footprint'. En *Ecological Economic Research Trends* (New Science Publishers., págs. 55-65).
- Wrisberg et al., N. (1997). A Strategic Research Programme for Life Cycle Assessment. *LCANET Theme Report, LCANET meeting: From Life Cycle Assessment to Tolls for Chain*, 28.
- Zhang, Y., & Vidakovic, B. (2005). Uncertainty Analysis in Using Markov Chain Model to Predict Roof Life Cycle Performance. Presented at the 10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components, Lyon , France.
- Ziegler, F., & Hansson, P. A. (2003). Emissions from fuel combustion in Swedish cod fishery. *J Cleaner Prod*, (11), 303–314.

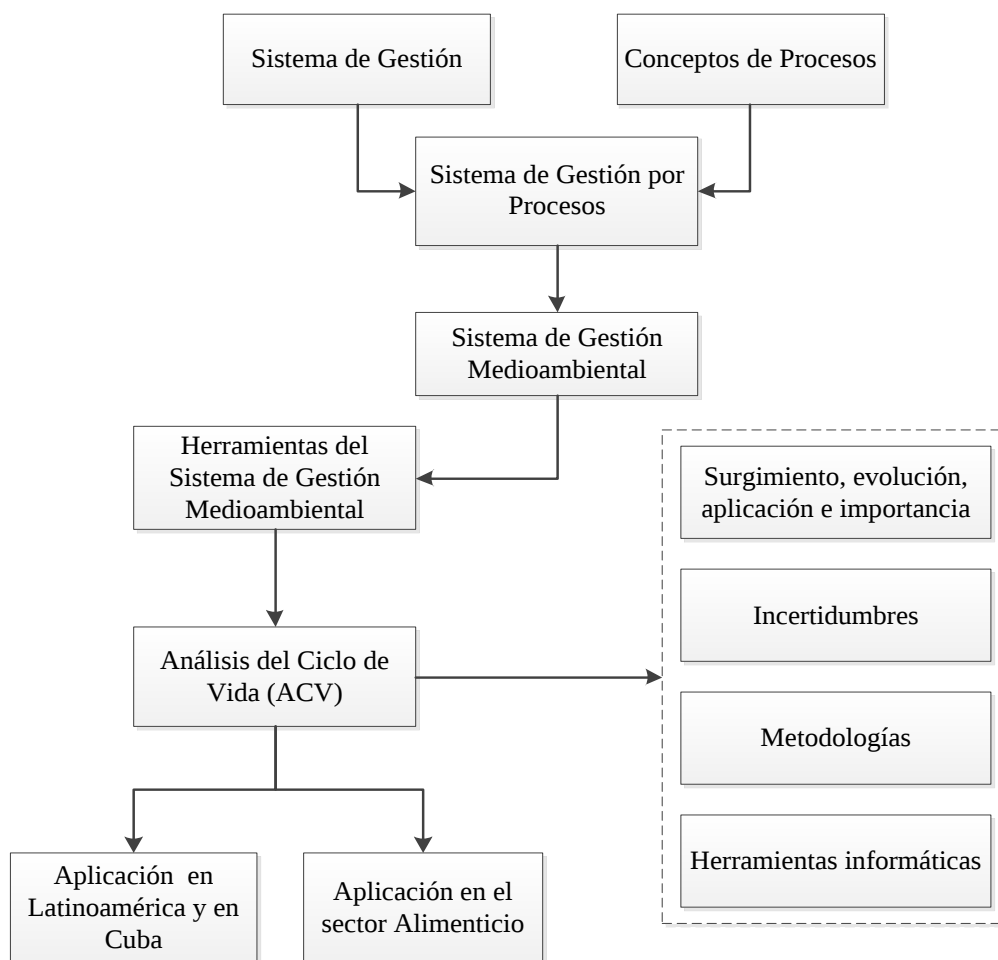
Anexas



ANEXOS

Anexo No.1

Hilo conductor de la investigación. Fuente: Elaboración propia.



ANEXOS

Anexo No.2

Definiciones del término Proceso. Fuente: Elaboración Propia

Autor	Concepto
Harrington, 1993	Cualquier actividad o grupo de actividades que emplee un insumo, le agregue valor a este y suministre un producto a un cliente externo o interno.
Normas IRAM-ACC – ISO 8402, 1994	El conjunto de recursos y actividades relacionadas entre sí que transforman elementos entrantes en elementos salientes.
Manganelli, 1994	Serie de actividades relacionadas entre sí, que convierten insumos en productos cambiando el estado de las entidades de negocio pertinentes.
Harbour, 1994	La mezcla y transformación de un grupo específico e insumos en un conjunto de rendimientos de mayor valor.
Peppard, 1996	Cualquier cosa que transforme, transfiera o simplemente vigile el insumo y lo entregue como producto.
Hammer, 1996	Conjunto de actividades que reciben uno o más insumos y crea un producto de valor para el cliente.
Norma ISO 9000: 2000	Toda aquella actividad que utiliza recursos y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados.
Alfonso Raso, 2000	Es una secuencia de actividades que una o varias personas desarrollan para hacer llegar una salida a un destinatario a partir de unos recursos.
Juan Carlos Alvarado, 2000	Conjunto de actividades interrelacionadas que transforman insumos para el logro de un resultado producto o servicio.
Morris Daniel y Brandom Joel, 2001	Una actividad que se lleva a cabo en una serie de etapas para producir un resultado o un grupo coherente de resultados específicos.
Guzmán Mora Fernando, 2004	Proceso es el conjunto de fases sucesivas de un fenómeno en un lapso de tiempo. Es la marcha hacia un fin determinado.
Eulalia Villa, 2006.	Conjunto de actividades destinadas a generar valor añadido sobre las entradas, para conseguir un resultado que satisfaga plenamente los requerimientos del cliente.
NC 3000: 2007	Conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.
Brut Alabart, 2007	Secuencia de actividades orientadas a generar un valor añadido sobre una entrada para conseguir una salida (resultado) que satisfaga los requerimientos del cliente.
Ana María Ferrer, 2008	Una serie de actividades, acciones o tomas de decisiones interrelacionadas, orientadas a obtener un resultado específico como consecuencia del valor añadido aportado por cada una de las actividades que se llevan a cabo en las diferentes etapas de dicho proceso.

Anexo No.3

Conceptos de Gestión por Proceso. Fuente: (Díaz Peña, 2009)

Autor	Definición
Amozarrain, 1999 (García Azcanio, 2007)	Gestiona toda la organización basándose en los Procesos. Entiende estos como una secuencia de actividades orientadas a generar un valor añadido sobre una ENTRADA para conseguir un resultado, y una SALIDA que a su vez satisfaga los requerimientos del Cliente.
(Zaratiegui, 1999)	El éxito de toda organización depende, cada vez más, de que sus procesos empresariales estén alineados con su estrategia, misión y objetivos. Detrás del cumplimiento de un objetivo, se encuentra la realización de un conjunto de actividades que, a su vez, forman parte de un proceso. Es por ello que el principal punto de análisis lo constituye, precisamente, la gestión de la empresa basada en los procesos que la integran para diseñar y estructurar en interés de sus clientes.
<i>Institute for Process Management, and Working Knowledge & Antares Consulting</i> (2000) (Saballos Daniel, 2005)	Un proceso de negocio es cualquier grupo amplio de actividades de una compañía relacionado con los objetivos últimos de desarrollo de un producto o servicio para el cliente. Generalmente se evalúan desde el punto de vista del cliente. Asegurar que el proceso transcurre sin contratiempos es crítico para maximizar el valor añadido que proporciona a su cliente y gestionar los procesos clave de forma eficiente es crítico para el éxito de la compañía y puede ser más duro de lo que parece a simple vista - en especial porque estos procesos no se sostienen por sí mismos, sino que interactúan con otros.
José M. Jiménez, 2002 (Saballos Daniel, 2005)	Percibe la organización como un sistema interrelacionado de procesos que contribuyen conjuntamente a incrementar la satisfacción del cliente. Supone una visión alternativa a la tradicional caracterizada por estructuras organizativas de corte jerárquico - funcional, y que en buena medida dificulta la orientación de las empresas hacia el cliente.

ANEXOS

Anexo No.4

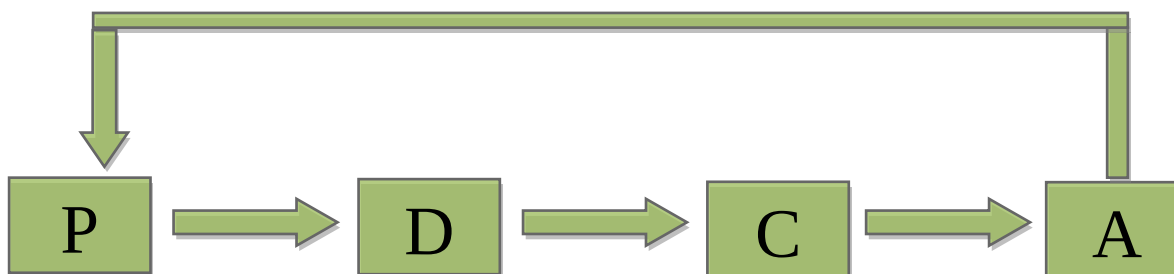
Relación de las Herramientas de Calidad con las fases de Ciclo PDCA. Fuente:(Beltrán et al., 2002)

	Estratificación	Hoja de Control (o de incidencias)	Gráficos de control estadístico (CEP)	Histograma	Diagrama de Pareto	Diagrama causa-efecto (Ishikawa)	Diagrama de correlación	Diagrama de árbol	Diagrama de relaciones	Diagrama de afinidades	Diagrama de Gantt	Diagrama PERT	Diagrama de decisiones de acción	Brainstorming	AMFEC	QFD	Diseño de experimentos (DDE)	Simplificación de diagramas de flujo	Análisis del Valor	Benchmarking
P. Planificar																				
D. Hacer																				
C. Verificar																				
A. Actuar																				
Las 7 herramientas clásicas																				

ANEXOS

Anexo No.5

Requisitos de la Norma ISO-14001 referidos a la mejora continua. Fuente: (ISO 14001, 2004)



PLANIFICACIÓN	IMPLANTACIÓN Y FUNCIONAMIENTO	COMPROBACIÓN Y ACCIÓN CORRECTIVA	REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN
Aspectos medioambientales	Estructura y responsabilidades	Seguimiento y medición	Mejora continua
Requisitos legales y otros requisitos	Formación, sensibilización y competencia profesional	No conformidad, acción correctiva y acción preventiva	
Programas de gestión medioambiental	Comunicación	Registros	
	Documentación del sistema de gestión medioambiental	Auditoria del sistema gestión medioambiental	
	Control de la documentación		
	Control operacional		
	Planes de emergencia y capacidad de respuesta		
Política medioambiental			

ANEXOS

Anexo No.6

Aspectos generales de las herramientas para la gestión ambiental. Fuente:(Carvalho Filho, 2001)

Herramientas	Objetivos generales	Puntos fuertes	Puntos débiles
RA Análisis de riesgos ambientales	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
EIA Estudio del impacto ambiental	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
EAu Auditoría ambiental	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.
EPE Evaluación del comportamiento ambiental	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 desempeño relativos y no absolutos.
SFA Análisis del flujo de sustancia	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.
EMA Análisis de material y energía	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
ISCM Gestión integral de sustancia	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 demasíadamente simplificadas.
PLA Análisis de línea de producto	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 sola herramienta.	No puede valorar específicamente impactos locales
ACV Análisis del ciclo de vida	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 influncian la salud de la sociedad.	No es capaz de apuntar el carácter temporal o espacial de un determinado efecto.

ANEXOS

Anexo No.7

Cronología del ACV. Fuente: (Chacón Vargas, 2008)

Década	Año	Evento
1960	1963	Informe de Harold Smith, presentado en la Conferencia Mundial de Energía, sobre los impactos ambientales de los productos
	1969	Estudio para Coca-Cola Co. sobre los impactos ambientales y consumo de energía de varios tipos de envases, elaborado por MRI con metodología Repa
	1960	En Suecia, Tetra Pak encarga al doctor Gustav Sundström la realización de estudios de ACV de botellas de PVC
1970	1971	En Estados Unidos, la Universidad de Illinois y la Universidad de Stanford realizan estudios de ACV de botellas para bebidas
	1970	Estudio de comparación de botellas de vidrio, PE y PVC elaborado en el marco del Programa RANN de los Estados
	1970	En Suecia, Tetra Pak encarga otro estudio de ACV de envases plásticos
	1971	Se publica el libro <i>Design for real world: human ecology and social change</i> , escrito por P. Papanek
	1971	En Estados Unidos, segundo Repa de MRI para Mobil Chemical Company para bandejas de plástico y cartón
	1972	Informe "Los límites del crecimiento"
	1972	Publicación del documento <i>A blueprint for survival</i>
	1972	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Ambiente Humano (conocida también como Conferencia de Estocolmo)
	1972	USEPA encarga a MRI estudio de ACV de envases de bebidas
	1972	En el Reino Unido, el doctor Ian Boustead elabora un estudio de ACV de envases para leche
	1972	En Alemania, el doctor Bonifaz Oberbacher desarrolla junto con el doctor H. Nikodem el primer protocolo para el ACV
		En Alemania, el Batelle-Institut hace estudios de ACV de envases plásticos
	1973	Embargo de la Opep a los países de Europa y Estados Unidos
	1973	Se desarrolla en Estados Unidos el primer software de ACV
	1973	En Suecia, publicación de los estudios de ACV de Tetra Pak
	1974-1975	Avances y contribuciones del ACV en Estados Unidos, publicados en el <i>Journal Energy Policy</i>
	1974	Aparece en la revista <i>The Times Magazine</i> un aviso publicitario de la Fiat que incorpora elementos de pensamiento de ciclo de vida
	1974	En Suiza, primer ecobalance en la empresa Rocco Conserves, elaborado por ETHZ y HSG
	1975	Se funda la firma Franklin Associates, pionera en Estados Unidos y en el mundo en la elaboración de estudios de ACV
1975 - 1988		En Estados Unidos decae el interés por el ACV
	1976	Publicación del resumen del estudio de Coca-Cola Co. en la revista <i>Science Magazine</i>
	1976	USEPA publica <i>Resource and environmental profile analysis of nine beverage container alternatives</i>
	1976	US Federal Energy Agency pone a disposición del público bases de datos y la metodología Repa
	1977	Publicación del libro <i>Energy analysis</i> , de J.A.G. Thomas
	1978	Publicación parcial del estudio de ACV de Good Year Tire & Rubber Co.
	1979	Se funda Setac

ANEXOS

Anexo No.7

Cronología del ACV (Continuación). Fuente: (Chacón Vargas, 2008)

Década	Año	Evento
1980	1980	En Estados Unidos, Informe del estudio de ACV de Solar Energy Research Institute
	1985	Expedición de la Directiva 85/339 de la Comunidad Económica Europea sobre envases de alimentos líquidos que incorpora el pensamiento de ciclo de vida
	1985	En Alemania, Franklin Associates hace el estudio "Comparative energy and environmental impacts of 21 PET and 11 refillable glass bottles used for soft drink delivery in Germany"
	1985	En Suecia, ABT Tetra Pak encarga a M.P. Lundholm y G. Sundström la elaboración del estudio "Resource and environmental impact of Tetra Brik carton and refillable and non-refillable glass bottles. Tetra Brik Aseptik Environmental Profile"
	1987	Informe de la Comisión Brundtland titulado "Nuestro futuro común"
1990	1990	En Estados Unidos, Franklin Associates elabora el estudio de ACV de pañales desechables y no desechables
	1990	En Suecia se llevan a cabo dos proyectos sobre ACV para ver las implicaciones de aplicar esta herramienta en la industria sueca
	1990	En Japón se crea el Centro del ACV
	1990	En China se adopta ISO 14040 como norma nacional
	1990	En Argentina se lleva a cabo una encuesta sobre ACV
	1990	Primer Taller de la Setac de Norteamérica sobre ACV
	1991	Setac de Norteamérica realiza cinco talleres sobre ACV en Estados Unidos, Holanda y Portugal
	1991	El Consejo Nórdico de Ministros inicia el programa de ACV
	1991	En Canadá, la empresa Alcan Aluminium participa en un estudio de ACV
	1991	En Canadá, los fabricantes de plásticos y del acero participan en proyectos sobre ACV
	1991	Se expiden en Japón regulaciones sobre reciclaje
	1992	En Europa, se funda Spold
	1992	En Japón, el Centro Eco-Vida realiza un estudio de ACV de varios productos
	1992	En Estados Unidos, elaboración del informe "Tellus Packaging Study: Inventory of Material and Energy Use and Air and Water Emissions from the Production of Packaging Materials"
	1992	En Estados Unidos, Franklin Associates publica un artículo en el que se explica la metodología del ACV
	1993	USEPA publica una guía para la etapa del inventario
	1993	USEPA crea el "Programa de Compras Verdes"
	1993	Publicación en Europa de LCA Sourcebook, de Spold
	1993	Setac publica Setac guidelines for life-cycle assessment: a code of practice
	1993	En Japón, la Agencia para las Ciencias y la Tecnología inicia el Proyecto de Investigación de Ecomateriales
	1994	En Canadá se publican las primeras normas nacionales de ACV
	1995	Lanzamiento del proyecto "Winning Acceptance" por parte de Spold
	1995-2000	En Canadá se publica Eco-cycle
	1995	En Canadá se publica Life cycle management: a guide for better business decisions
	1995	En Canadá se publica Los efectos ambientales de los materiales de la construcción
	1995	En los países nórdicos, publicación de Nordic guidelines for life cycle assessment
	1995	Nace la publicación periódica científica sobre ACV llamada International Journal of Life Cycle Assessment
	1995	Se crea la Sociedad Japonesa de ACV
	1996	Primer número de International Journal of Life Cycle Assessment
	1997	Publicación de la primera norma internacional sobre ACV, ISO 14040
	1997	En Canadá se publica Life cycle management in Canada
	1997	En Bélgica se lleva a cabo un proyecto de demostración sobre ecodiseño
	1997	En Bélgica se desarrolla el primer software para estudios de ACV llamado Ecoscan
	1997	En Corea se funda la Sociedad Coreana para la Evaluación del Ciclo de Vida
	1997	En Brasil, primera publicación de ACV titulada Análisis de ciclo de vida de los productos: herramientas de gestión ambiental ISO 14040, de José Ribamar Chenebe
	1997	En Colombia se crean los comités técnicos del Icontec para la homologación a normas nacionales de las normas internacionales de la serie ISO 14000
	1998	En Canadá, empresas internacionales hacen un estudio de ACV de un periódico y de una revista
	1998	En Italia, se publica la primera guía sobre ACV titulada Manual de operación del ACV, del profesor Vanni Badino
	1998	En Japón, el Ministerio de Agricultura, Bosque y Pesca inicia un proyecto de ACV
	1998	En Europa se lleva a cabo un estudio de ACV para ver el grado de aplicación de esta herramienta en empresas de Alemania, Italia, Suiza y Suecia
	1998	En Japón se comienza el Proyecto Nacional de ACV
	1998	En Brasil, nacimiento del Grupo de Prevención de la Contaminación de la Universidad de São Paulo, que entre otros temas de investigación, trató el ACV
	1998	En Brasil, nace el Comité Brasileño de Gestión Ambiental que apoyó el desarrollo de la serie ISO 14040
	1998	En Colombia, primeros cursos y estudios de ACV en la Universidad de los Andes
	1999	En Italia se crea la Sociedad Italiana para el ACV
1999-2003	1999	Aumento sustancial de ventas de licencias de software de ACV
	1999	Planteamiento de la Ode de la política integrada al producto
	1999	Se contempla la política integrada al producto en el Consejo Europeo reunido en Weimar

ANEXOS

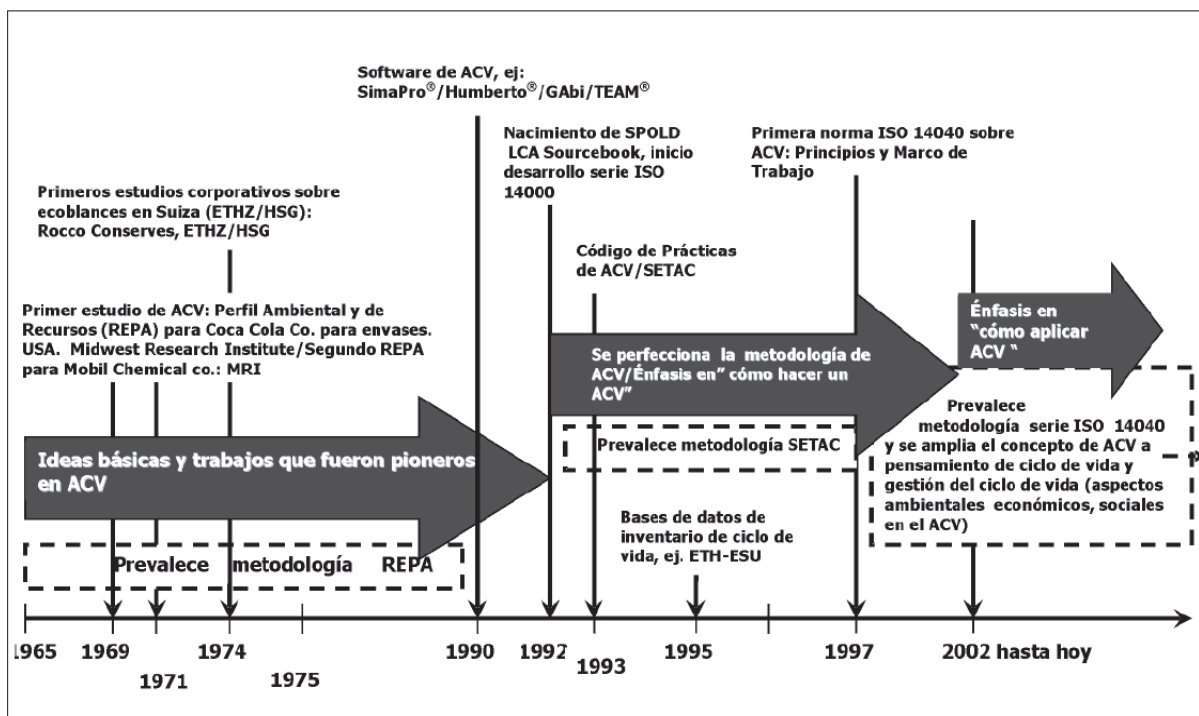
Anexo No.7

Cronología del ACV (Continuación). Fuente: (Chacón Vargas, 2008)

Década	Año	Evento
2000	2000	Se incrementa en el mundo la elaboración de estudios de ACV
	2000	En Suiza se funda el Centro Suizo para Inventarios de Ciclo de Vida, el cual desarrolló la base de datos europea Ecoinvent
	2001	En Estados Unidos se funda el Centro Americano para la Evaluación del Ciclo de Vida
	2001	Se terminan las actividades de Spold
	2001	En Europa se publican dos grandes estudios sobre el estado del arte del diseño de productos sostenibles
	2001	En Tailandia, termina Primera Fase del Proyecto Jemai de ACV
	2001	En Tailandia se crea la Red Tailandesa de ACV
	2001	La Comisión Europea presenta el <i>Libro Verde sobre Política Integrada al Producto</i>
	2001	En Colombia, la UPB inicia su interés en ACV participando en el Comité Técnico 36 del Icontec sobre ACV
	2002	Se lanza oficialmente en Praga la Iniciativa de Ciclo de Vida de UNEP-SETAC
	2002	En Brasil se funda la Asociación Brasileña de Ciclo de Vida (ABCV)
	2003	En Canadá, con el auspicio de Ciraig se realiza el primer foro canadiense de ACV
	2003	En Suecia, CPM elabora el proyecto de ACV en el sector forestal
	2004	En Brasil, ABCV inicia el Proyecto Brasileño de ACV
	2005	La UPB y la Escuela Colombiana de Ingeniería, empresas industriales y ONG participan en el curso internacional de ACV de la Universidad de Chalmers, en Suecia, en las instalaciones del Icontec
	2006	En Italia, surge la Red Italiana de ACV
	2006	En Tailandia se crea la Red Tailandesa de ACV
2005-2008		En Colombia, la UPB realiza estudios de ACV para una compañía carbonífera, para una empresa fabricante de baterías plomo-ácido y para una entidad ambiental regional (en el tema de las llantas usadas)
	2008	En Colombia, la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito incorpora los fundamentos del ACV en sus cursos de producción más limpia dictados en el programa de ingeniería industrial.

Anexo No.8

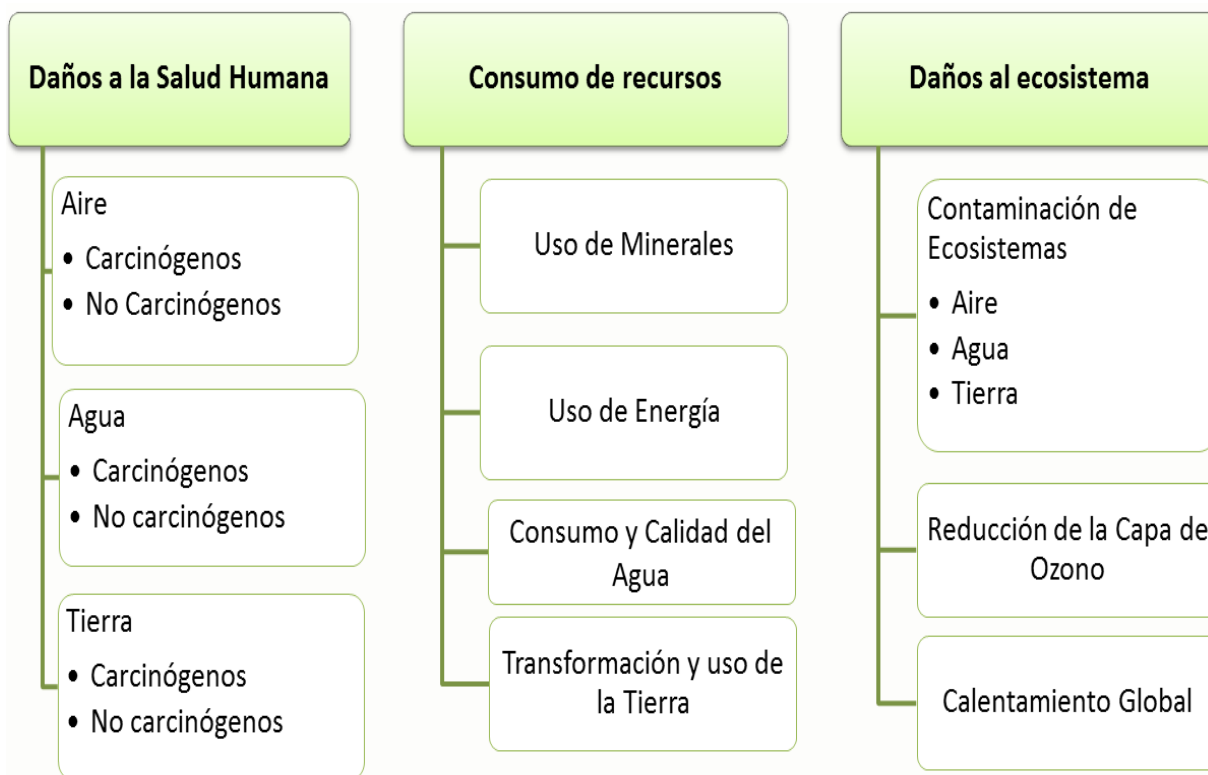
Evolución histórica y tendencias del análisis de ciclo de vida. Fuente: (Chacón Vargas, 2008)



ANEXOS

Anexo No.9

Categorías de daños y de Impacto de Eco-Speed. Fuente: (Rodríguez Pérez, 2011)



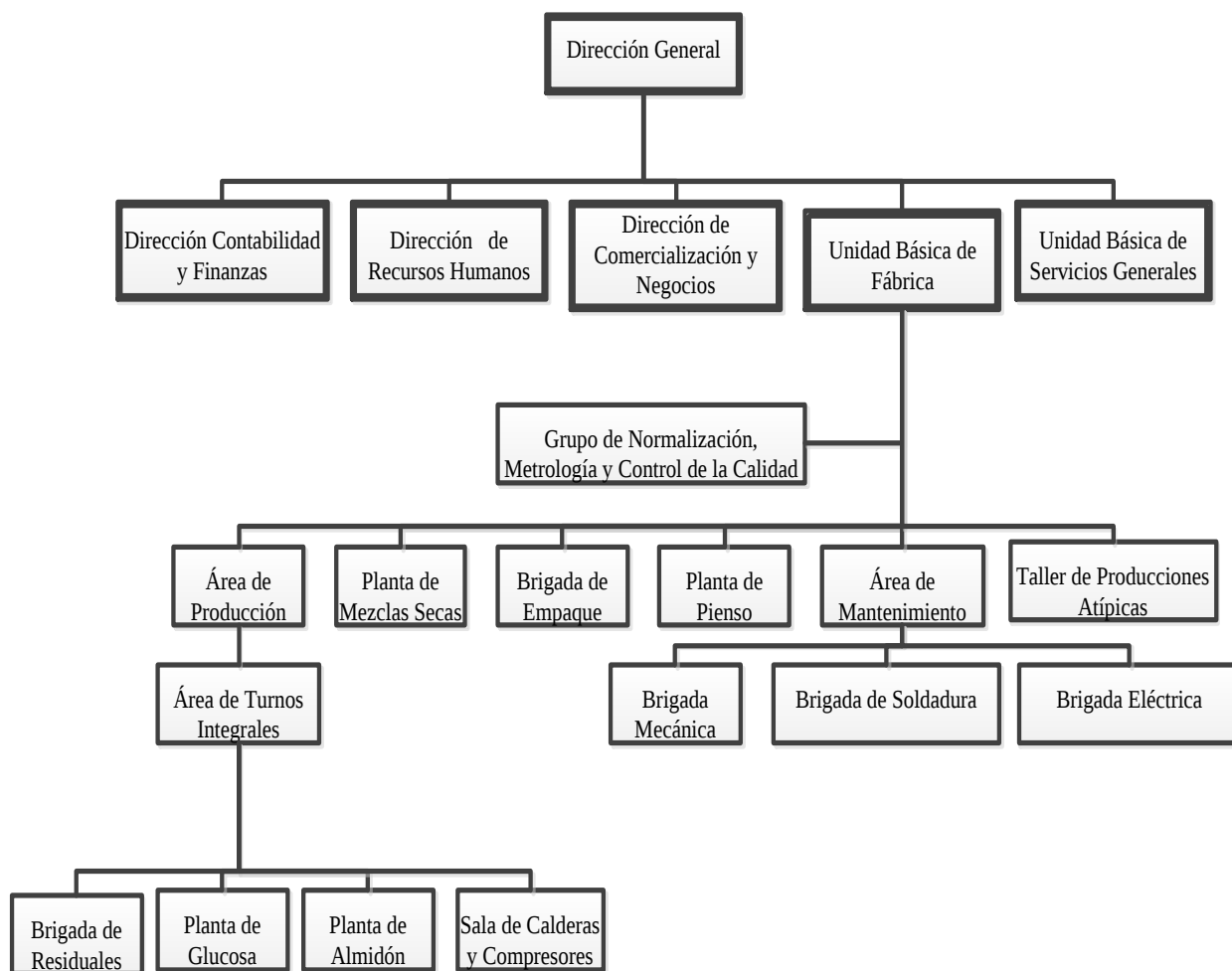
Anexo No.10

Programas Informáticos para el ACV. Fuente: (Aranda, 2006)

Programa	Compañía desarrolladora	Comentarios
Boustead	Boustead Consulting (Reino Unido)	Herramienta muy completa indicada para realizar estudios de ACV dentro de la industria química, plásticos, acero, et c.
Ecoit	Pré Consultants (Países Bajos)	Especialmente indicado para diseñadores de productos y envases. Utiliza el Ecoindicador '99. Su manejo es sencillo.
Ecopro	Sinum AG. - EcoPerformance Systems (Suiza)	Permite la realización sencilla de ciclos de vida del producto. Utiliza la base de datos BUW AL.
Ecoscan	TNO Industrial Technology (Países Bajos)	Puede utilizarse por encargados y técnicos responsables de implantación del ecodiseño de productos. Dispone de varias bases de datos y su manejo es sencillo.
Euklid	Fraunhofer- Institut (Alemania)	Programa orientado a estudios de ACV de productos industriales.
KCL Eco	Finnish Pulp and Paper Research Institute (Finlandia)	Presenta una interfaz gráfica muy completa. Posee los indicadores Ecoindicador 95 y DAIA 98 y destaca por sus datos de la industria papelera.
Gabi	Universidad de Stuttgart (Alemania)	Además de las posibilidades convencional es de ACV, este programa permite asociar costes a los flujos y realizar análisis económicos.
LCAit	ChalmersIndustrietenik (Suecia)	Su aplicación principal es en el sector de envases y productos de papel
Miet	Universidad de Leiden (Países Bajos)	Trabaja con MS Excel y se basa en datos ambientales de Estados Unidos. Tiene carácter gratuito
Pems	Pira International(Reino Unido)	Puede ser utilizado tanto por principiantes como por expertos en la materia. Su interfaz gráfico es flexible.
Simapro	Pré Consultants (Países Bajos)	Permite realizar ACVs completos con múltiples métodos de evaluación de impactos. Presenta completas y variadas bases de datos. Adecuada para Departamentos de diseño o I+ D.
Team	Ecobilan (Francia)	Herramienta muy completa, flexible y potente aunque algo más compleja de utilizar. Permite introducir información relativa a costes.
Wisard	Price water house Coopers (Francia)	Indicado para análisis del impacto económico y medioambiental de residuos sólidos municipales.
Umberto	Ifeu- Institut (Alemania)	Ofrece datos de gran calidad y resultados transparentes. Las librerías de datos son completas y flexibles. Indicado para realizar ecobalances empresariales.

Anexo No.11

Estructura Organizativa de la UEB Glucosa de Cienfuegos.



ANEXOS

Anexo No.12

Valores de ph a la entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Residuales. Fuente:

Elaboración Propia

Días de observaciones	Noviembre		Diciembre		Enero	
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida
1	3,8	7,3				
2	4,26	4,18	4,56	4,37		
3	4,56	4,39	4,53	4,8		
4	3,9	4,77	5,05	5,15		
5	3,72	5,04				
9			5,78	5,32		
11					5,23	5,11
12	4,73	4,43			8,5	6,73
13	4,63	4,84	4,26	4,18		
14	4,63	4,85	4,19	4,09		
15			4,57	5,19		
16			4,78	4,72		
17	3,89	4,26	6,69	4,12		
18	4,51	4,89			6,09	5,15
19	4,51	4,89	4,25	4,39	5,74	4,88
20			3,97	4,82	4,54	4,49
21			4,85	4,94	4,85	5,1
22					4,31	4,71
23			4,31	4,92	4,2	4,53
24			3,86	3,93	4,96	4,05
25			4,67	4,72	3,88	4,63
26	5,7	6,4			4,19	5,08
27	5,95	5,8			3,84	4,52
28	5,26	5,72				
29	4,33	4,52				

Anexo No.13

Pruebas de Bondad de Ajuste para los valores de pH a la entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Residuales. Fuente: Elaboración Propia

Ajuste de Datos No Censurados. Valores de pH a la entrada de la Planta de Tratamiento de Residuales.

42 valores con rango desde 3,72 a 8,5

Tabla 1: Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>
media = 4,73881
desviación estándar = 0,905644

Este análisis muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de los valores de pH a la entrada de la Planta de Tratamiento de Residuales. Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran arriba. Se puede evaluar si la distribución normal ajusta los datos adecuadamente realizando las Pruebas de Bondad de Ajuste y el histograma de frecuencias.

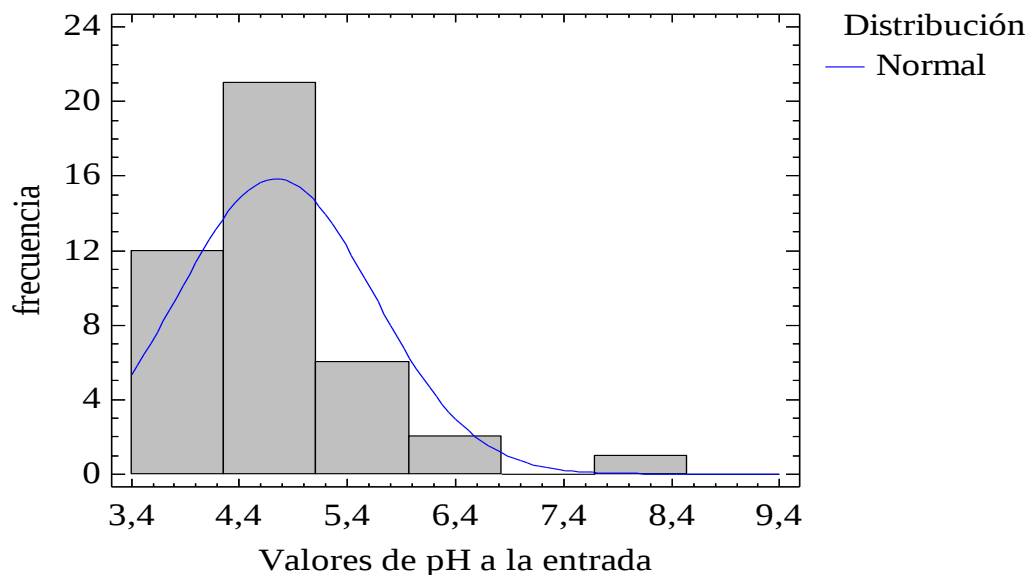


Figura 1: Histograma de Frecuencia para los valores de pH a la entrada de la Planta de Tratamiento de Residuales.

Anexo No.13

Pruebas de Bondad de Ajuste para los valores de pH a la entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Residuales (Continuación). Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de pH a la entrada de la Planta de Tratamiento de Residuales

	<i>Normal</i>
DMAS	0,189235
DMENOS	0,130303
DN	0,189235
Valor-P	0,0987828

Debido a que el valor-P en esta prueba es mayor que 0,05, los valores de pH a la entrada de la Planta de Tratamiento de Residuales provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Ajuste de Datos No Censurados. Valores de pH a la salida de la Planta de Tratamiento de Residuales

42 valores con rango desde 3,93 a 7,3

Tabla 3: Distribuciones Ajustadas

<i>Normal</i>
media = 4,87905
desviación estándar = 0,690535

El análisis muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de los valores de pH a la salida de la Planta de Tratamiento de Residuales. Los parámetros estimados para la distribución ajustada se muestran arriba. Se puede evaluar si la distribución normal ajusta los datos adecuadamente, realizando las Pruebas de Bondad de Ajuste y el histograma de frecuencias.

Anexo No.13

Pruebas de Bondad de Ajuste para los valores de pH a la entrada y salida de la Planta de Tratamiento de Residuales (Continuación). Fuente: Elaboración Propia

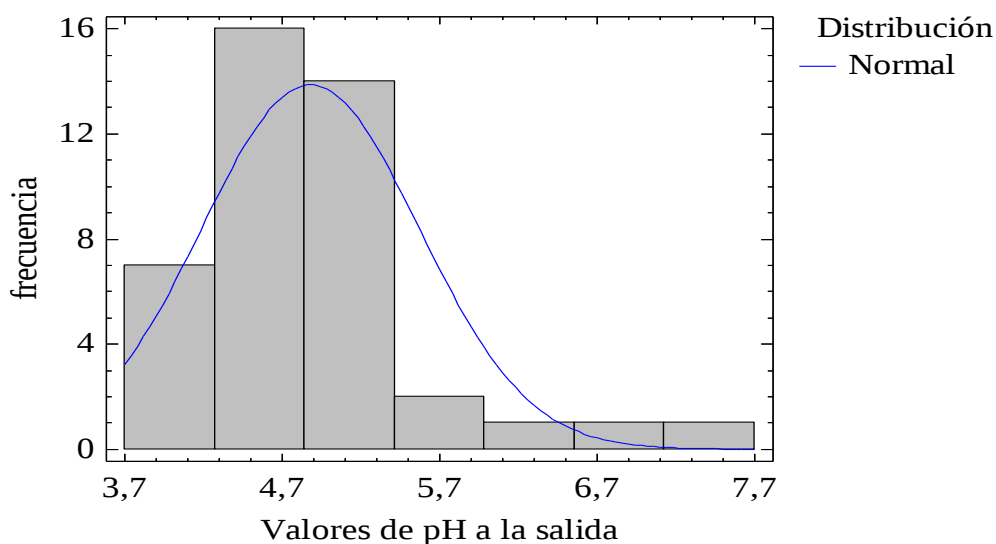


Figura 2: Histograma de Frecuencia para los valores de pH a la salida de la Planta de Tratamiento de Residuales.

Tabla 4: Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los valores de pH a la salida de la Planta de Tratamiento de Residuales

	<i>Normal</i>
DMAS	0,183386
DMENOS	0,0911456
DN	0,183386
Valor-P	0,118635

Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es mayor ó igual a 0,05, los valores de pH a la salida de la Planta de Tratamiento de Residuales provienen de una distribución normal con 95% de confianza.

Anexo No.14

Gráfico de control para individuos de los valores de pH de entrada a la Planta de Tratamiento de Residuales. Fuente: Elaboración Propia.

Número de observaciones = 42

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

Tabla 1: Gráfico X

Período	#1-42
LSC: +3,0 sigma	6,64462
Línea Central	4,73881
LIC: -3,0 sigma	2,833

2 fuera de límites

Tabla 2: Estimados

Período	#1-42
Media de proceso	4,73881
Sigma de proceso	0,635271

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 4,73881 y una desviación estándar igual a 0,635271. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos. De los 42 puntos mostrados en el gráfico, dos se encuentran fuera de los límites de control. Puesto que la probabilidad de que aparezcan dos o más puntos fuera de límites, sólo por azar, es $6,27184 \times 10^{-7}$ si los datos provienen de la distribución supuesta, se puede declarar que **el proceso está fuera de control** con un nivel de confianza del 95%.

Anexo No.14

Gráfico de control para individuos de los valores de pH de entrada a la Planta de Tratamiento de Residuales (Continuación). Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 3: Todas las Observaciones

X = Excluida * = Fuera de Límites

Observación	X
1	3,8
2	4,26
3	4,56
4	3,9
5	3,72
6	4,73
7	4,63
8	4,63
9	3,89
10	4,51
11	4,51
12	5,7
13	5,95
14	5,26
15	4,33
16	4,56
17	4,53
18	5,05
19	5,78
20	4,26
21	4,19
22	4,57
23	4,78
24	* 6,69
25	4,25
26	3,97
27	4,85
28	4,31
29	3,86
30	4,67
31	5,23
32	* 8,5
33	6,09
34	5,74
35	4,54
36	4,85

37	4,31
38	4,2
39	4,96
40	3,88
41	4,19
42	3,84

La tabla 3 muestra los valores que están en el gráfico de control. Los puntos fuera de límites se denotan por un asterisco (*). Los puntos excluidos se denotan por una X.

Anexo No.14

Gráfico de control para individuos de los valores de pH de entrada a la Planta de Tratamiento de Residuales (Continuación). Fuente: Elaboración Propia.

Pruebas de Corridas

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 observaciones con al menos 4 más allá de 1,0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 observaciones con al menos 2 más allá de 2,0 sigma.
- (E) conjuntos de 15 observaciones en o dentro de 1,0 sigma.
- (F) conjuntos de 8 observaciones más allá de 2,0 sigma.
- (G) conjuntos de 8 observaciones alternando arriba y abajo

Tabla 4: Violaciones

Observación	Individuos
8	A
9	A
10	A
11	A
25	
33	D

La tabla A.4 busca e identifica cualquier patrón inusual en los datos. Esto a menudo es útil para detectar procesos que se están alejando lentamente del valor meta, aun cuando ningún punto caiga fuera de los límites de control. 5 secuencias inusuales se han detectado. La tabla muestra el subgrupo u observación en la cual se detecta el patrón inusual, así como la regla particular que se ha violado.

Tabla 5: Índices de Capacidad

Especificaciones: LSE = 6,0

	<i>Capacidad</i>
	<i>Corto Plazo</i>
Sigma	0,635271
Cpk/Ppk	0,66176
Cpk/Ppk (superior)	0,66176

Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estima a partir del rango móvil promedio.

Cpk es un índice de capacidad unilateral, el cual divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3 veces la desviación estándar. En este caso, el Cpk es igual a 0,66176. Cpk<0,67 proceso incapaz, se producen 3,59% de valores fuera de la especificación.

Anexo No.15
Gráfico de control para individuos de los valores de pH de salida de la Planta de
Tratamiento de Residuales. Fuente: Elaboración propia

Número de observaciones = 42

0 observaciones excluidas

Distribución: Normal

Transformación: ninguna

Tabla 1: Gráfico X

Período	#1-42
LSC: +3,0 sigma	6,45144
Línea Central	4,87905
LIC: -3,0 sigma	3,30666

2 fuera de límites

Tabla 2: Estimados

Período	#1-42
Media de proceso	4,87905
Sigma de proceso	0,524131
MR(2) promedio	0,59122

Sigma estimada a partir del rango móvil promedio

El gráfico de control se construye bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal con una media igual a 4,87905 y una desviación estándar igual a 0,524131. Estos parámetros fueron estimados a partir de los datos. De los 42 puntos no excluidos mostrados en la gráfico, dos se encuentran fuera de los límites de control. Puesto que la probabilidad de que aparezcan dos ó más puntos fuera de límites, sólo por azar, es 6,27184E-7 si los datos provienen de la distribución supuesta, se puede declarar que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95%.

ANEXOS

Anexo No.15

Gráfico de control para individuos de los valores de pH de salida de la Planta de Tratamiento de Residuales (Continuación). Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Todas las Observaciones

X = Excluida * = Fuera de Límites

Observación	X
1	* 7,3
2	4,18
3	4,39
4	4,77
5	5,04
6	4,43
7	4,84
8	4,85
9	4,26
10	4,89
11	4,89
12	6,4
13	5,8
14	5,72
15	4,52
16	4,37
17	4,8
18	5,15
19	5,32
20	4,18
21	4,09
22	5,19
23	4,72
24	4,12
25	4,39
26	4,82
27	4,94
28	4,92
29	3,93
30	4,72
31	5,11
32	* 6,73
33	5,15
34	4,88
35	4,49

36	5,1
37	4,71
38	4,53
39	4,05
40	4,63
41	5,08
42	4,52

La tabla 3 muestra los valores que están graficados en el gráfico de control. Los puntos fuera de límites se denotan por un asterisco (*). Los puntos excluidos se denotan por una X.

Anexo No.15

Gráfico de control para individuos de los valores de pH de salida de la Planta de Tratamiento de Residuales (Continuación). Fuente: Elaboración propia

Pruebas de Corridas

Reglas

- (A) secuencias arriba o abajo de la línea central con longitud 8 o mayor.
- (B) secuencias arriba o abajo de longitud 8 o mayor.
- (C) conjuntos de 5 observaciones con al menos 4 más allá de 1,0 sigma.
- (D) conjuntos de 3 observaciones con al menos 2 más allá de 2,0 sigma.
- (E) conjuntos de 15 observaciones en o dentro de 1,0 sigma.
- (F) conjuntos de 8 observaciones más allá de 2,0 sigma.
- (G) conjuntos de 8 observaciones alternando arriba y abajo

No se han detectado secuencias inusuales

Tabla 4: Índices de Capacidad

Especificaciones: LSE = 7,0; Nom = 6,5; LIE = 6,0

	Capacidad
	Corto Plazo
Sigma	0,524131
Cp/Pp	0,317987
Cpk/Ppk	-0,712896
Cpk/Ppk (superior)	1,34887
Cpk/Ppk (inferior)	-0,712896

Con base en límites 6,0 sigma. La sigma de corto plazo se estima a partir del rango móvil promedio.

Se han calculado varios índices de capacidad para resumir la comparación de los datos con las especificaciones. En este caso, el Cp es igual a 0,317987, el cual generalmente no se considera bueno. Cpk es un índice de capacidad unilateral, el cual, en el caso de una distribución normal, divide la distancia de la media al límite de especificación más cercano, entre 3

veces la desviación estándar. En este caso, el Cpk es igual a -0,712896. La diferencia más bien grande entre el Cp y el Cpk es un signo de que la distribución no está bien centrada entre los límites de especificación.

Anexo No.16

Categorías de Daño e Impacto del Método Eco-Speed. Fuente: (Rodríguez Grave de Peralta, 2011)

Categoría de daño: Daños a la Salud Humana (<i>Damages to Human Health</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.

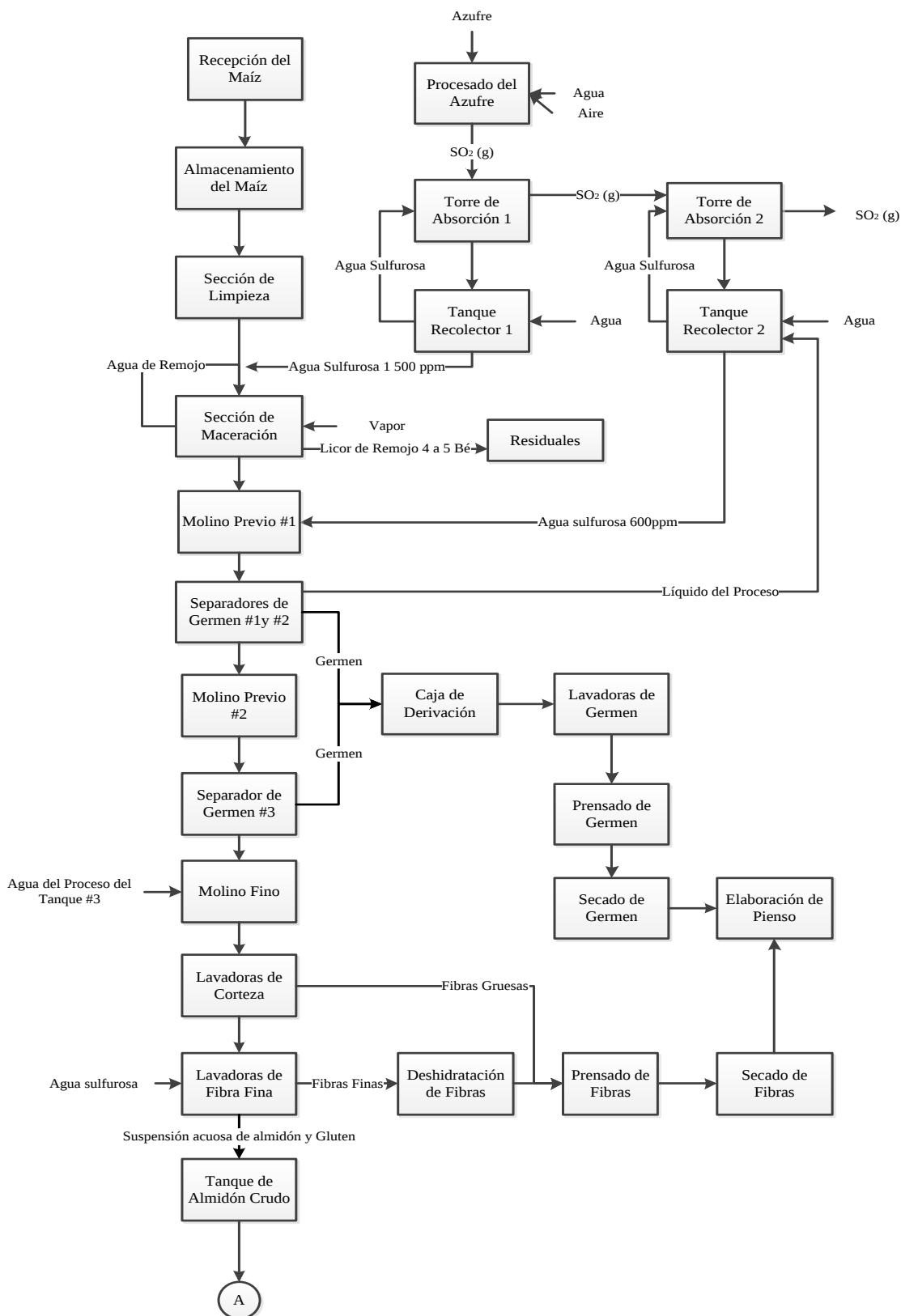
Anexo No.16

Categorías de Daño e Impacto del Método Eco-Speed (Continuación).Fuente: (Rodríguez Grave de Peralta, 2011)

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: Daños a los ecosistemas (<i>Damages to ecosystems</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.17

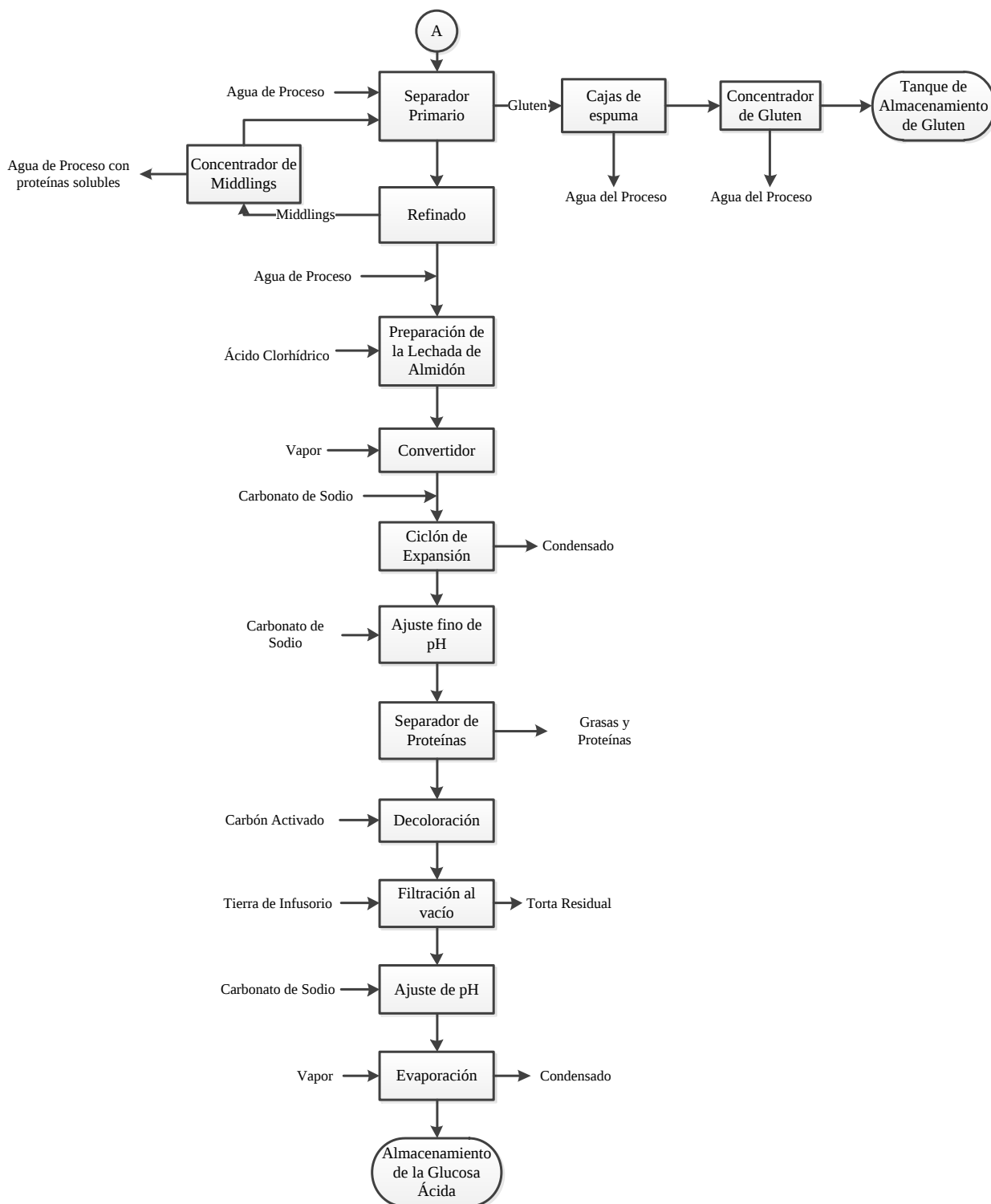
Diagrama de Flujo del proceso de elaboración del sirope de glucosa ácida. Fuente: Elaboración propia



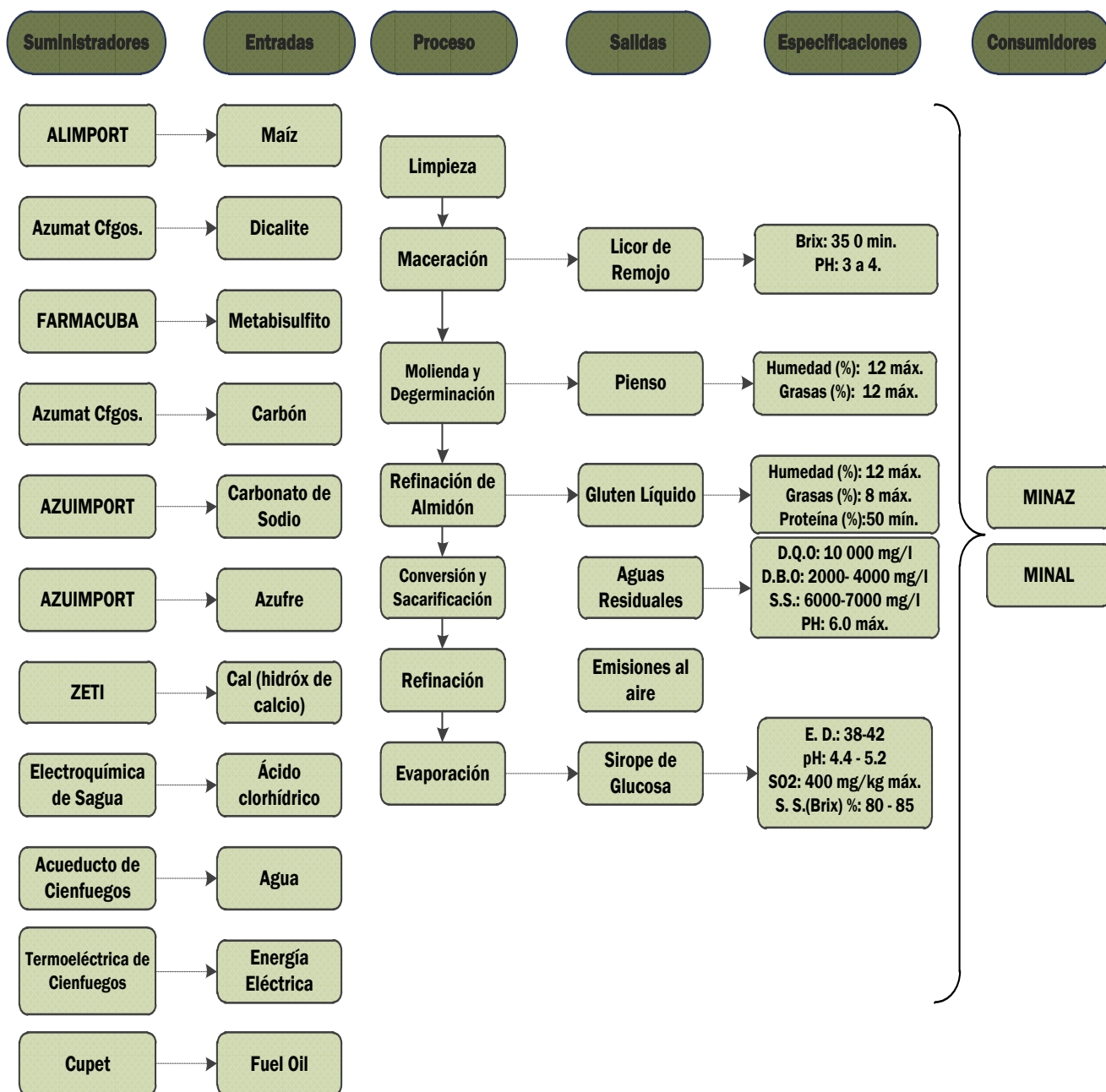
Anexo No.17

Diagrama de Flujo del proceso de elaboración del sirope de glucosa ácida (Continuación).

Fuente: Elaboración propia



Anexo No.18
Diagrama SIPOC del proceso de elaboración de la glucosa ácida. Fuente: Elaboración Propia.



Anexo No.19
Inventario del Ciclo de Vida de la Producción de glucosa ácida. Fuente: Elaboración Propia.

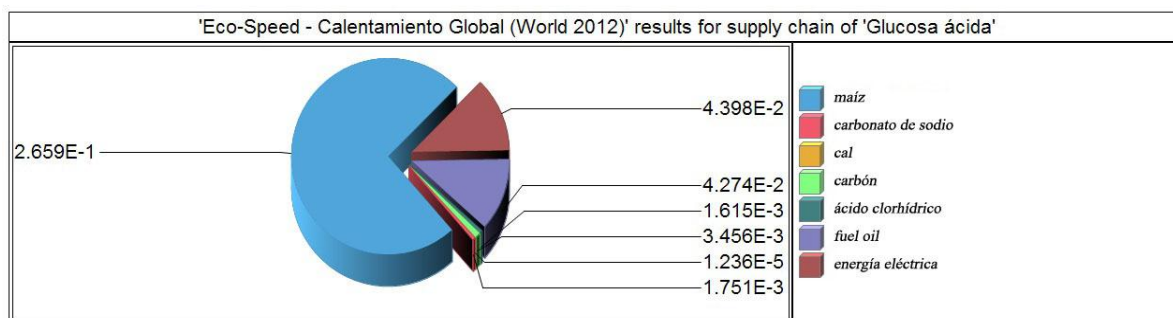
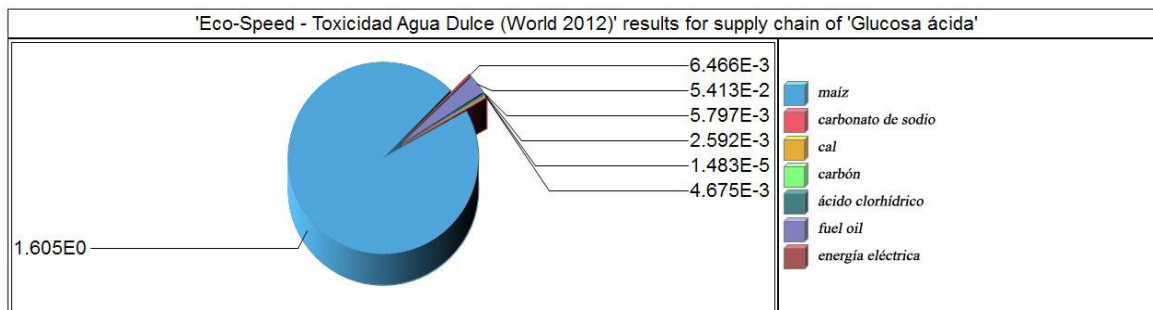
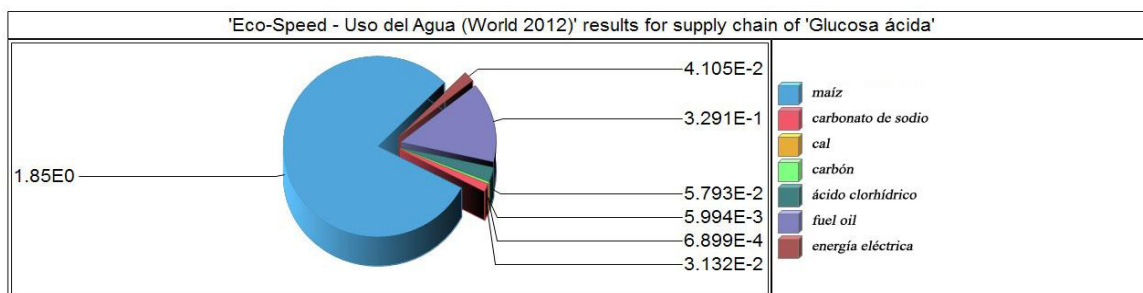
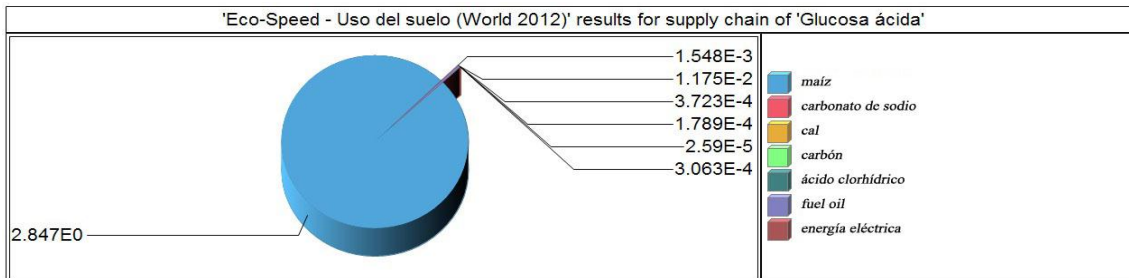
Entradas	UM	Consumo
Carbón	Kg/Tg	4,6
Carbonato de Sodio	Kg/Tg	5,46
Maíz	T/Tg	2,02
Azufre	Kg/Tg	8,48
Cal p/ trat Residual.	Kg/Tg	12,48
Ácido clorhídrico	L/Tg	6,5
Agua	m3/Tg	65,39
Energía Eléctrica	Mwh/Tg	0.146
Fuel Oil	T/Tg	0.303

Salidas	UM	Producción
Glucosa ácida.	Tg	1
Agua Residual	m3/Tg	7,36
DQO (Demanda Química del Oxígeno)	Kg/Tg	50,04
NTK (Nitrógeno total Kjeldahl)	Kg/Tg	0,6
DBO5 (Demanda Biológica del Oxígeno)	Kg/Tg	23,2
PT (Fósforos Totales)	Kg	0,312
Sulf. T. (Sulfatos Totales)	Kg	0,088
SO2	Kg/Tg	7,8

ANEXOS

Anexo No.20

Cargas Ambientales de las diferentes categorías de impacto. Fuente: Elaboración Propia



Anexo No.21

C3lculo del n3mero de expertos. Fuente: Elaboraci3n Propia.

C3lculo del n3mero de expertos

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

1 - α	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

Donde:

k : cte. que depende del nivel de significaci3n estadística (para un nivel de confianza= 95%, k=3,8416).

p : proporci3n de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos (p=0,03).

i : precisi3n del experimento. (i =0,12)

n: n3mero de expertos.

$$n = \frac{0,03(1-0,03)3,84}{0,12^2}$$

$$n = 7,76 \approx 8 \text{ Expertos}$$

Anexo No.22

Conformación del grupo de expertos. Fuente: Elaboración Propia

No.	Nombre del experto y nivel de escolaridad	Cargo que ocupa	Años de trabajo en la fábrica
E1	MSc. Yoanka Vivian MoyaMonteagudo	Especialista principal del grupo de investigación y desarrollo	21
E2	MSc. Marta Beatriz García Llanes	Especialista B en procesos tecnológicos	12
E3	MSc. Jaime García Zamora	Especialista B en mecánica	19
E4	MSc. Fernando Sarría Quesada	Jefe de la Unidad de Logística	2
E5	Tec. Medio Rafael López Quiñones	Jefe de Producción	30
E6	Tec. Medio Rosario Cabrera Alonso	Especialista de Calidad	24
E7	Tec. Medio Amarilis Hernández Hernández	Jefa del Laboratorio	15
E8	Tec. Medio Luis Caballero Quintero	Jefe de turno de producción	30

Anexo No.23
Resultado de la votación de los expertos. Fuente: Elaboración Propia

No.	Causas del sobreconsumo de maíz	Valoración de expertos								A _{ij}
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	
1	Falta de capacitación de los operarios.	12	12	11	9	12	9	12	12	89
2	Desuso de algunas máquinas. (secadora de forraje)	4	5	5	7	2	3	4	5	35
3	Indisciplina Tecnológica. Mala manipulación de los equipos.	6	7	10	6	6	4	5	4	48
4	Utilización de maíz viejo.	7	6	12	10	7	6	8	8	64
5	Gran cantidad de granos muertos y partidos	10	8	7	8	10	12	9	9	73
6	Mala calidad del mantenimiento.	8	9	6	5	8	8	7	7	58
7	Poca frecuencia del mantenimiento.	5	3	3	4	5	7	6	3	36
8	Incumplimiento del plan preventivo de mantenimiento	2	1	2	3	4	5	1	2	20
9	Falta de piezas de repuesto	11	11	9	12	9	10	11	10	83
10	Falta de automatización del proceso productivo	9	10	8	11	11	11	10	11	81
11	Deterioro de los equipos. (transportadores, lavadoras de fibras finas)	1	2	1	1	1	2	2	1	11
12	Bajo porcentaje de almidón en el maíz	3	4	4	2	3	1	3	6	26

Anexo No.24

Determinación del Coeficiente de Concordancia de Kendall. Fuente: Elaboración Propia

No.	Causas del sobreconsumo de maíz	A _{ij}	Δ	Δ ²
1	Falta de capacitación de los operarios.	89	37	1369
2	Desuso de algunas máquinas. (secadora de forraje)	35	-17	289
3	Bajo porcentaje de almidón en el maíz	48	-4	16
4	Utilización de maíz viejo.	64	12	144
5	Gran cantidad de granos muertos y partidos	73	21	441
6	Mala calidad del mantenimiento.	58	6	36
7	Poca frecuencia del mantenimiento.	36	-16	256
8	Incumplimiento del plan preventivo de mantenimiento	20	-32	1024
9	Falta de piezas de repuesto	83	31	961
10	Falta de automatización del proceso productivo	81	29	841
11	Deterioro de los equipos. (transportadores, lavadoras de fibras finas)	11	-41	1681
12	Indisciplina Tecnológica. Mala manipulación de los equipos.	26	-26	676
Total				7734

$$\Delta = \sum A_{ij} - \tau$$

τ= factor de comparación (valor medio de los rangos) que se calcula

$$\tau = \frac{n(K+1)}{2} \text{ donde K es el número de requisitos a evaluar (k=12).}$$

$$\tau = \frac{8(12+1)}{2}$$

$$\tau = 52$$

$$W = \frac{12 \sum \Delta^2}{n^2(k^3 - k)}$$

$$W = \frac{12 * 7734}{8^2(12^3 - 12)}$$

$$W = 0,85$$

El valor w oscila entre 0 y 1. Si:

w>0,7 se deben aceptar la decisión,

0,45<w<0,7 se debe continuar el análisis,

W< 0,45 se deben rechazar las decisiones de los expertos.

Anexo No.25

Materiales y mano de obra necesaria para la implementación de las propuestas para disminuir el consumo de maíz. Fuente: Elaboración Propia.

- **Para la sustitución de la tornillería de acero negro por inoxidables en los Conos de las Lavadoras de Fibras Finas.**

Materiales necesarios:

- 48 Tornillos de acero inoxidable M-8*45 con un precio en total de \$ 5, 664
- 48 Tuercas de acero inoxidable M-8*45 con un precio en total de \$ 0, 816

Días de trabajo necesarios: 5 días de trabajo.

Mano de obra necesaria:

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Especialista mecánico	1	\$ 400, 00	\$ 83, 33
Ayudante mecánico	1	\$ 265, 00	\$ 55,21
Mecánico B	1	\$ 350, 00	\$ 72,92
Total	3		\$ 211, 46

Inversión total: \$217,94MN

- **Para la activación de la segunda prensa de forraje**

Materiales necesarios:

- Una Carcasa a un precio de \$1000, 00

Días de trabajo necesarios: 2 días

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Especialista mecánico	1	\$ 400, 00	\$ 33, 3
Ayudante mecánico	1	\$ 265, 00	\$ 22, 08
Pailero soldador	1	\$ 255, 00	\$ 21, 25
Total	3		\$ 76, 63

Inversión total: \$1 076,63MN

Anexo No.25

Materiales y mano de obra necesaria para la implementación de las propuestas para disminuir el consumo de maíz (Continuación). Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Para la reparación de los transportadores del área de limpieza**

Para esta reparación se propone solicitar los servicios de COMELEC, una empresa que se dedica a realizar estos trabajos.

Días de trabajo necesarios: 15 días

Costo de **materiales** (chapa, cadenas y otros útiles) y **mano de obra** necesaria en los 5 días de trabajo: \$15 000MN.

El trabajo se realiza en días que la sección de limpieza no trabaje o se encuentre en mantenimiento planificado, para de esta manera evitar las paradas en el proceso productivo y otros costos asociados.

Inversión total: \$15 000MN

➤ **Para la reparación de zarandas o separadores de piedra.**

Materiales necesarios:

- 2 mallas de 2x2m con un precio en total de \$ 3 000
- 2 tamices con un precio en total de \$ 3 200
- 1 vibrador con un precio de \$2 500.

Días de trabajo necesarios: 5 días de trabajo.

Mano de obra necesaria:

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Especialista mecánico	1	\$ 400, 00	\$ 83, 33
Ayudante mecánico	1	\$ 265, 00	\$ 55,21
Pailero soldador	1	\$ 255, 00	\$ 53,125
Total	3		\$ 1 916,65

Inversión total: \$10 616,65MN

Anexo No.26

Materiales y mano de obra necesaria para la implementación de las propuestas para disminuir el consumo de agua. Fuente: Elaboración Propia.

➤ Activar el regulador de nivel en el tanque colector 010-05

Materiales necesarios:

- Un lazo de control a un precio de \$ 30, 65

Días de trabajo necesarios: un día

Mano de obra necesaria:

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
instrumentista	1	\$ 285, 00, 00	\$ 11, 87
Total			\$ 11, 87

Inversión total: \$ 42,52MN

➤ Recuperar el sistema de arrancada del convertidor

Materiales que se necesitan:

- Un diafragma válvula a un precio de \$17,36
- 0.1kg de electrodos 6013 a un precio de \$ 0,456
- 1 m³ de gases a un precio de \$ 1,75

Días de trabajo necesarios: un día

Mano de Obra necesaria:

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Mecánico B	1	\$ 285.0	\$ 11.88
Instrumentista B	1	\$ 285.0	\$ 11.88
Soldador	1	\$ 255.0	\$ 10.62
Total			\$ 34.38

Inversión total: \$ 53,95MN

Anexo No.26

Materiales y mano de obra necesaria para la implementación de las propuestas para disminuir el consumo de agua (Continuación). Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Para la reparación de la torre de enfriamiento de agua**

Materiales necesarios:

- 14.4 m³ de arena con un precio total de \$ 241,35
- 9.22 m³ de gravilla con un precio total de \$ 195,04
- 0.980 T de cemento con un precio total de \$ 127,99
- 4 032 m de alambra de 7mm con un precio total de \$ 516,1
- 1 440 tablillas para reponer (en existencia).

Días de trabajo necesarios: 5 días de trabajo.

Mano de obra necesaria:

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Albañil B	2	\$ 260,0	\$ 108,33
Ayudante de construcción	4	\$ 235,0	\$ 195,83
Total			\$ 304,16

Inversión total: \$1 384,64MN

➤ **Colocar válvulas de accionamiento automático en las mangueras utilizadas para la limpieza.**

Materiales necesarios:

- Tres válvulas de cierre rápido a un precio total de \$ 78,15

Inversión total: \$78,15MN

➤ **Sistema de recuperación del condensado y agua de reboso del calentador**

Materiales necesarios:

- 35 m de tubería galvanizada de 2" a un precio de \$141.75
- 6 válvulas de 2" a un precio total de \$63.72

ANEXOS

- Dos uniones universales a un precio total de \$6.12
- Tres Tee a un precio total de \$2.55
- 6 Codos 90° a un precio total de \$3.6
- Una Bomba a un precio de \$ 2 000

Mano de obra necesaria:

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto en salario
Mecánico B (2 días)	1	\$ 285.0	\$ 23.75
Pailero B (5 días)	2	\$ 260.0	\$ 108.33
Soldador B (2 días)	1	\$ 255.0	\$ 21.25
Total			\$ 153.33

Inversión total: \$2371,07MN

Anexo No.27

Materiales y mano de obra necesaria para la Recolección de la Carga orgánica generada por averías imprevistas. Fuente: Elaboración Propia.

➤ **Para la recolección de la carga orgánica generada por averías imprevistas**

Materiales necesarios:

- Un Tanque de Acero Inox de 4m³ a un precio de \$300, 00.
- Un Motor con agitadores de Acero Inox de 1745 rpm a un precio de \$1000,00
- Una Bomba centrífuga con motor glf-20 de Acero Inox con capacidad de 15 m3/h y presión de 2Kgf/cm² a un precio de \$6000, 00
- 30m de tuberías de Acero Inox con un diámetro de 4 pulgadas con un precio total de \$840, 00
- 2 Codos de Acero Inox de 4 pulgadas a un precio total de \$20, 00
- 2 Válvulas de bolas de Acero inox de 4 pulgadas con un precio total de \$20,00
- 2 Tapones de Anexo Inox de 4 pulgadas con un precio total de \$20,00
- 0, 1Kg de Electrodo de Platino de 5mm a un precio de \$0, 460
- 1m3 de Gases de acetileno a un precio de \$1, 75

Días de trabajo necesarios: 20 días

Mano de obra necesaria:

Integrantes	Cantidad	Salario	Gasto de salario
Mecánico B	1	\$350, 00	\$292, 00
Pailero soldador	1	\$255, 00	\$212, 05
Total			\$504, 00