

Trabajo de Diploma

Ingeniería Industrial

Título: Análisis de Ciclo de Vida del proceso de torrefacción de café en la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de Septiembre”.

Autora: Yaiselys Pérez Garay

Tutores: MSc. Berlan Rodríguez Pérez
Ing. Maidelis Curbelo Martínez
Ing. Bárbara Ponce Torres

Consultor: Dr. Enrique Arturo Padrón Padrón



Pensamiento

*"Durante centenares de miles de años el hombre luchó para
abrirse un lugar en la naturaleza. Por primera vez en la
historia de nuestra especie, la situación se ha invertido y hoy es
indispensable hacerle un lugar a la naturaleza en el mundo del
hombre".*

Santiago Kevadloff



Dedicatória

Dedico mi investigación en especial "A los que han aportado con su acción directa porque este otro de mis sueños se hiciera realidad."

A mis padres: Esos que han dado todo por darme un buen ejemplo y estarán orgullosos por mis logros.

A mi hijo: Que es la luz de mi vida, mi pequeño tesoro, para que sepa seguir este camino y le sirva de ejemplo y guía.

A mi esposo: Por su incondicional apoyo, durante este largo camino.

A mis hermanas y amigas: Yenisey y Maylin, que juntas hemos buscado el mismo sueño.

A mis hermanas y sobrinos: Que espero algún día sigan mis pasos.



Agradecimientos

A mis tutores: Berlan Maidelís y Barbarita por su dedicación y entrega por los conocimientos aportados y profesionalidad por todo el tiempo que dedicaron para la confección de este trabajo.

A mi consultor: Arturo el profe de mecánica que me brindó todo su apoyo y sabiduría en la realización de este trabajo.

A todos mis profesores que me brindaron todo su conocimiento durante los años de la carrera que hicieron posible mi formación como un profesional respetable y con nuevas ideas ante la vida.

A todos mis compañeros de aula por los gratos momentos y las risas que compartimos juntos

.A los trabajadores de la UEB Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos por dejar que fuera una más de su colectivo de trabajadores por el tiempo y la paciencia que tuvieron, en especial a Valentín por ser tan halagador y por esa sonrisa que siempre mostraba a Conrado por estar siempre dispuesto cuando lo molestaba y Baby por permitirme realizar este estudio en su empresa y ofrecirme su incondicional apoyo.

A todos los amigos y familiares que me apoyaron en el transcurso de mis estudios universitarios.

A mis amigos: Mailin Elpidio Castillo y mi hermana Yenisey, porque siempre estuvimos juntos en esta batalla a pesar de todos los momentos difíciles.

A mi esposo Oscar por ser una parte importante en mi vida por su apoyo incondicional por su amor por regalarme tanta alegría por estar siempre presente cuando lo he necesitado por ser tan especial en fin gracias por existir en mi vida.

A mi hijo Leison, porque desde que vino al mundo fue como una bendición en mi vida mi motor impulsor para seguir adelante y convertirme en un ejemplo para él.

Y para ustedes mis queridos padres serian infinitudes de palabras para agradecerles por darme lo esencial en este mundo "el derecho de vivir". Por inculcarme tantos valores y hacer de mí lo que soy hoy

A todos.

Muchas gracias.



Resumen

Resumen

Resumen

La presente investigación está encaminada a analizar el impacto ambiental del proceso de torrefacción de café en la UEB Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de Septiembre” y surge en respuesta a la estrategia ambiental de la provincia y por la necesidad que existe en la actualidad de mitigar la contaminación ambiental y mejorar la calidad de vida de la población en este sentido. En el estudio se utilizan técnicas de obtención de información y herramientas propias de la Ingeniería Industrial tales como: tormenta de ideas, consulta de documentos, entrevistas, observación directa, diagrama de flujo, SIPOC y diagrama de Pareto.

El principal resultado es la aplicación de la técnica de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) referida en las NC ISO 14 040 con la metodología de evaluación Eco-Speed, apropiada para países latinoamericanos y con el software SimaPro 7.1, permitiendo evaluar los impactos ambientales potenciales asociados al proceso de torrefacción de café y proponiendo un conjunto de acciones a mediano y largo plazo que permitirán disminuir estas incidencias. Dentro de estas soluciones se encuentra hacer cambio del motor de inducción, que traería como consecuencia una mayor eficiencia en el sistema de extracción de gases reduciendo las emisiones de material particulado. También se analizó la sustitución del combustible diesel por gas licuado de petróleo con un consumo de 58 kg/Tn de café torrefaccionado y un gasto de 52,258 \$/kg; obteniéndose una disminución de 32.340 kg y 2.345 kg de CO₂ y SO₂ respectivamente hacia la atmósfera.



Summary

Summary

Summary

This research aims to analyze the environmental impact of the process of torrefaction coffee and Distribution Company Coffee Torrefactora "September 5" and comes in response to the province's environmental strategy and the need that exists at present mitigate environmental pollution and improve the quality of life of the population in this regard. The study used information-gathering techniques and tools of industrial engineering such as brainstorming, consultation documents, interviews, direct observation, flowchart, SIPOC and Pareto diagram.

The main result is the application of the technique of Life Cycle Analysis (LCA) referred to in the ISO 14 040 NC with the evaluation methodology Eco-Speed, suitable for Latin America and the SimaPro 7.1 software, allowing to evaluate the environmental impacts potential associated with the coffee roasting process and proposing a set of actions in the medium and long term that will reduce these incidents. Within these solutions are to change induction motor, which would result in greater efficiency in the gas extraction system to reduce emissions of particulate matter. We also analyzed the substitution of diesel fuel with liquefied petroleum gas consumption of 58 kg/tonne of coffee torrefaccionado and 52,258 \$/kg spending, resulting in a decrease of 32,340 kg of CO₂ and 2,345 kg of SO₂ into the atmosphere respectively.



Indice

Índice

Índice

Resumen

Summary

Introducción	10
Capítulo I: Marco Teórico Referencial	15
1.1 Desarrollo Sostenible	15
1.1.1 Antecedentes	15
1.1.2 Conceptualización.....	17
1.1.3 Indicadores de sostenibilidad	19
1.2 Sistema de Gestión Ambiental	20
1.2.1 Norma Internacional para un Sistema de Gestión Ambiental	21
1.2.2 Herramientas del Sistema de Gestión Medioambiental	23
1.3 Generalidades del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)	24
1.3.1 Antecedentes y conceptualización	24
1.3.2 Normativas.....	27
1.3.3 Ventajas y Desventajas.....	30
1.3.4 Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental	32
1.3.5 Herramientas informáticas	34
1.4 Aplicaciones	36
1.5 Conclusiones parciales del Capítulo I	42
Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes	43
2.1. Antecedentes y características generales de la Empresa Agroindustrial “Eladio Machín”	43
2.2 Antecedentes y características generales de la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de septiembre” de Cienfuegos.	46
2.3 Descripción del proceso de producción de café puro.....	49
2.4 Situación de la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos	52
2.4.1 Situación ambiental actual	55
2.4.2 Necesidad de realizar el estudio	58
2.5 Metodología a emplear y procedimiento para desarrollar un ACV	60
2.6 Conclusiones parciales del Capítulo II	68
Capítulo III: Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida	69
3.1. Etapa 1: Definición de objetivos y alcance.....	69

Índice

3.1.1. Objetivos del Estudio	69
3.1.2. Alcance del estudio	69
3.2. Etapa 2: Análisis del inventario.....	70
3.2.1. Procesar los Datos.....	71
3.3. Etapa 3: Evaluación del impacto.....	71
3.3.1. Etapa 4: Análisis de mejoras.....	72
3.3.2. Estimación de la eficiencia de los separadores de partículas instalados	72
3.3.3. Propuestas de mejora.....	75
3.4 Conclusiones parciales del Capítulo II	83
Conclusiones Generales	84
Recomendaciones	85
Bibliografía	



Introducción

Introducción

Introducción

Desde que el café fue descubierto hace varios cientos de años, ha sufrido profundas transformaciones en su forma de cultivo, manejo de las cosechas, así como su hábito de consumo (Borrero, 1890). La demanda histórica de este genérico lo ha convertido en el segundo producto básico después del petróleo, su comercio genera un volumen de negocios anual de alrededor de 70 mil millones de dólares. Se estima en 125 millones, el número de personas que vive del cultivo del café, incluyendo 25 millones de pequeños productores. Cada año se beben 400.000 millones de tazas de café, por tanto, en juego hay muchos intereses económicos y sociales extremadamente importantes (Sierra Torres, 2007).

El mayor productor es con mucha diferencia, Brasil, especialmente el estado de São Paulo, donde se sitúa el primer puerto cafetero del mundo, el puerto de Santos, seguido por Colombia y Vietnam (el productor más importante de robusta). Los altibajos del mercado en 1830, incitan a los empresarios de Brasil a pasar de la explotación del oro a la del café, hasta entonces reservada al consumo local (Stolcke, 1995). En el 2005 los precios del café subieron, con promedios mensuales entre 78,79 céntimos de dólar estadounidense por libra en septiembre, y 101,44 en marzo. Casi la totalidad de la producción mundial de café es obtenida en zonas tropicales y subtropicales, en su mayoría países en vías de desarrollo o subdesarrollo. En muchos casos la exportación de café constituye parte importante de los ingresos del país y su producción un gran generador de empleo (Sierra Torres, 2007).

El auge de haciendas cafetaleras se produjo en Cuba con la llegada de colonos franceses, que emigraron desde Haití debido a la revolución de 1791. Así surgieron las grandes haciendas, que en breve se convirtieron en poderosos centros productores de café. Gracias a este auge, Cuba llegó a ser el primer exportador mundial a inicios del siglo XIX. Por regla general, los cafetales cubanos han sido emplazados siempre en las serranías de la isla, sobre los 500 a 800 metros del nivel del mar (Delgado, 1997). Aunque es en zonas de la Sierra Maestra y el macizo montañoso Zagua-Baracoa, donde se ha concentrado por práctica el mayor peso de obtención, también en el Escambray, al centro de la isla, en la Sierra del Rosario y la de los Órganos y en Pinar del Río, ha existido una fuerte tradición de tal cultivo (Fernández, 2005).

Hoy en día, el café cubano no sobresale por grandes volúmenes de exportación, sino por su excelente calidad, sobre todo en la especie Arábica, que lo ubica entre los preferidos del mundo; especialmente en Japón, que es uno de los más exigentes mercados. Entre las marcas más famosas están: Cubita, Turquino, Hola y la famosa Cristal Mountain.

Introducción

Desafortunadamente, actividades indispensables como la producción de alimentos, implica procesos, operaciones y materiales que, en mayor o menor medida, crean riesgos para la salud humana, las comunidades vecinas y el medio ambiente en general.

El ahorro y uso racional de portadores energéticos cada día reviste más importancia, convirtiéndose para establecimientos industriales e instituciones de servicios, en un aspecto a materializar mediante la aplicación de medidas y soluciones concretas que al mismo tiempo sean factibles y efectivas. El uso racional se vincula con la eficiencia, la que a su vez está muy relacionada con la selección adecuada de los equipos y los portadores energéticos. Por otro lado en los proyectos, resulta determinante el análisis del impacto ambiental del proceso que se estudia, ya que prácticamente en todos los casos se produce emisión de contaminantes líquidos, sólidos y atmosféricos (Alfaro y Rodríguez, 1994). El uso de energías, menos agresivas y menos contaminantes del medio ambiente es el principal tema que se ha venido tratando desde hace ya algún tiempo. Es interés fundamental del estado cubano que se encamine el estudio de todos los procesos industriales en este sentido.

Todo país que intente mantener su desarrollo debe mantener una política estable y sostenida de ahorro. Los últimos años a nivel internacional han surgido un grupo de convenios y organizaciones internacionales, promotoras de la protección y la salud de las personas, de la calidad y el medio ambiente. Todo esto ha traído como consecuencia la emisión de normas integrales como la Familia de ISO 14000 para la Gestión Ambiental.

A nivel mundial se espera que miles de empresas rurales y agro-industriales, dediquen sus esfuerzos a poner en práctica sistemas que garanticen la buena gestión ambiental de los procesos productivos. En consecuencia se hace necesario la actuación de las empresas en aras de mejorar su calidad, aumentar la productividad y a su vez, contribuir para disminuir la contaminación ambiental realizando estudios con el fin de determinar los impactos y las posibles gestiones de mitigación.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una de las técnicas más utilizadas, que permite establecer estrategias y actividades concretas para la aplicación de Producciones Más Limpias (PML). Su proceso de difusión, desarrollo y aplicación, ha venido siendo protagonizado por instituciones como la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), la SPOLD (Society for the Promotion of LCA Development) e investigadores de gran prestigio. Se rige mediante toda una serie de consideraciones técnicas que vienen descritas en las Normas ISO 14040. Teniendo en cuenta lo antes expuesto, se debe tener una especial atención a las empresas de café. Como dice (Nonhebel, 2004), “La producción

Introducción

de alimentos se ha convertido en un importante contribuyente al agotamiento de los recursos naturales, cambio climático y contaminación”.

En el país existen 17 plantas torrefactoras donde se lleva a cabo el tueste del café utilizando diésel, producto destinado al consumo de la población, otra parte que se destina a la exportación, a los servicios hoteleros y al turismo. Estas torrefactoras se encuentran ubicadas en los mismos vecindarios donde la población realiza sus actividades cotidianas, por lo que se precisa de una detallada y eficiente labor por parte de los trabajadores (Medina *et al.*, 2008). El ahorro de la energía es el principal tema que se deriva del uso de este combustible, además que está en relación directa y no menos importante, a la cantidad de emisiones contaminantes que acompañan a la combustión del diésel. Es por ello que se deben realizar estudios detallados que justifiquen debidamente el empleo del mismo en las condiciones de trabajo (Miravet- Sánchez *et al.* 2004).

La UEB Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de Septiembre” no está exenta de lo expresado anteriormente, por lo que está dispuesta a cumplir con las principales actividades que se ha trazado el país, el cumplimiento de los lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, aprobados en el VI Congreso del PCC, esta investigación intenta dar respuesta a 10 lineamientos presentes en 3 políticas, como lo son:

- ✦ V. Política de ciencia, tecnología e innovación (L 124-127).
- ✦ VIII. Política industrial y energética (L 200-202).

La empresa genera elevadas emisiones atmosféricas que son producidas básicamente por la combustión de combustible en las tostadoras y por el polvo generado en el proceso de tostado, molienda y tamizado. La misma se encuentra enfrascada en desarrollar acciones para lograr la mitigación de los impactos ambientales en el proceso de torrefacción de café, por lo cual la presente investigación está enfocada en proponerle a la entidad acciones para cumplir sus objetivos ambientales, siendo la **Situación Problemática**:

Las elevadas cargas contaminantes vertidas a la atmósfera sobrepasan la Concentración de Partículas Máxima Admisible instantánea que son $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para una producción de 4,14 toneladas de café/día la empresa tiene 34 Kg/día de desechos sólidos que no se recuperan; asimismo se estiman las emisiones de gases y partículas del proceso de tostado no controladas, tales como: 10,68 kg/día de emisiones de partículas, 1,64 Kg/día de compuestos orgánicos volátiles, 0,19 Kg/día de óxidos de nitrógeno y 0,01 Kg/día de formaldehído. Además, de no tener estimaciones del dióxido de azufre y monóxido de carbono por no haber factor de emisión para Tostadora y en el caso del dióxido de carbono por sólo tener interés para el impacto ambiental global como gas de efecto invernadero.

Introducción

Problema de investigación

¿Cómo mejorar los impactos ambientales que genera en su ciclo de vida el proceso de torrefacción de café en la UEB Torrefactora y Distribuidora de Café-Cienfuegos?

Hipótesis

La aplicación de la técnica de Análisis de Ciclo de Vida permitirá evaluar los impactos ambientales del proceso de torrefacción de café en la UEB Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de Septiembre” y proponer mejoras ambientales factibles.

Definición y conceptualización de las Variables

Variable independiente:

Mejoras ambientales: Acciones que se llevan a cabo para eliminar o minimizar los impactos al medio ambiente, causados por el sistema producto analizado.

Variable dependiente:

Impactos ambientales: Son efectos potenciales que son producidos sobre el medio ambiente como resultado de su interacción con un proceso o servicio en las distintas etapas de su vida.

Tipo de Investigación

La presente investigación es descriptiva-correlacional porque en ella se pretende detallar y relacional las emisiones y materiales utilizados con la evaluación de los impactos que genera al Medio Ambiente el proceso de torrefacción de café.

Objetivo General

Analizar el impacto ambiental del proceso de torrefacción de café en la UEB Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de Septiembre” para proponer variantes de mejora.

Objetivos específicos

- ⇒ Realizar una caracterización general y ambiental del proceso de Torrefacción de café en la UEB «5 de Septiembre»
- ⇒ Realizar un inventario de Análisis de ciclo de Vida del proceso de Torrefacción de café objeto de estudio.
- ⇒ Determinar, cuantificar y evaluar los impactos medioambientales derivados en el proceso de torrefacción de café, en la Torrefactora y Distribuidora de Café en Cienfuegos.
- ⇒ Proponer varias alternativas de mejora a través de su evaluación técnica y ambiental.

La justificación de la investigación está dada por el interés que tiene la empresa en desarrollar un serio trabajo en cuanto a la mitigación del impacto ambiental, que es generado por el proceso de torrefacción de café, por tanto, con la aplicación del ACV, además de

Introducción

evaluar dichos impactos, contribuye a asegurar la responsabilidad ambiental de la empresa, previniendo la contaminación y haciendo uso correcto de los recursos naturales, así como el incremento de los niveles de desempeño del proceso y calidad de sus productos terminados.

Para su presentación, el trabajo queda estructurado de la siguiente forma:

Capítulo I: En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica relacionada con antecedentes, conceptualización e indicadores de Desarrollo Sostenible; a su vez, se abordan las diferentes normas internacionales y herramientas que se utilizan en los Sistemas de Gestión Ambiental; y se exponen aspectos de interés del Análisis de Ciclo de Vida; tales como: antecedentes, conceptualización, normativas, ventajas y desventajas, metodologías y herramientas utilizadas para su análisis, así como ejemplos de sus aplicaciones en el contexto internacional, nacional y provincial.

Capítulo II: En este capítulo se caracteriza la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de Septiembre” y se realiza un análisis de su situación ambiental. A su vez, se describen las etapas del Análisis de Ciclo de Vida como técnica para evaluar los aspectos y los impactos ambientales potenciales asociados al proceso objeto de estudio basada en la familia de normas NC-ISO 14 040.

Capítulo III: En este capítulo se aplica la técnica de Análisis de Ciclo de Vida utilizando la herramienta SimaPro 7.1 y la metodología Eco-Speed, en busca de mejoras ambientales que respondan a los factores identificados como causas de los potenciales impactos medioambientales producidos por las cargas asociadas a las entradas y salidas del proceso.



Capítulo I

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

En este capítulo se realiza una revisión bibliográfica relacionada con antecedentes, conceptualización e indicadores de Desarrollo Sostenible; a su vez, se abordan las diferentes normas internacionales y herramientas que se utilizan en los Sistemas de Gestión Ambiental; y se exponen aspectos de interés del Análisis de Ciclo de Vida; tales como: antecedentes, conceptualización, normativas, ventajas y desventajas, metodologías y herramientas utilizadas para su análisis, así como ejemplos de sus aplicaciones en el contexto internacional, nacional y provincial. En la **Figura 1.1** se presenta el hilo conductor de la presente investigación.

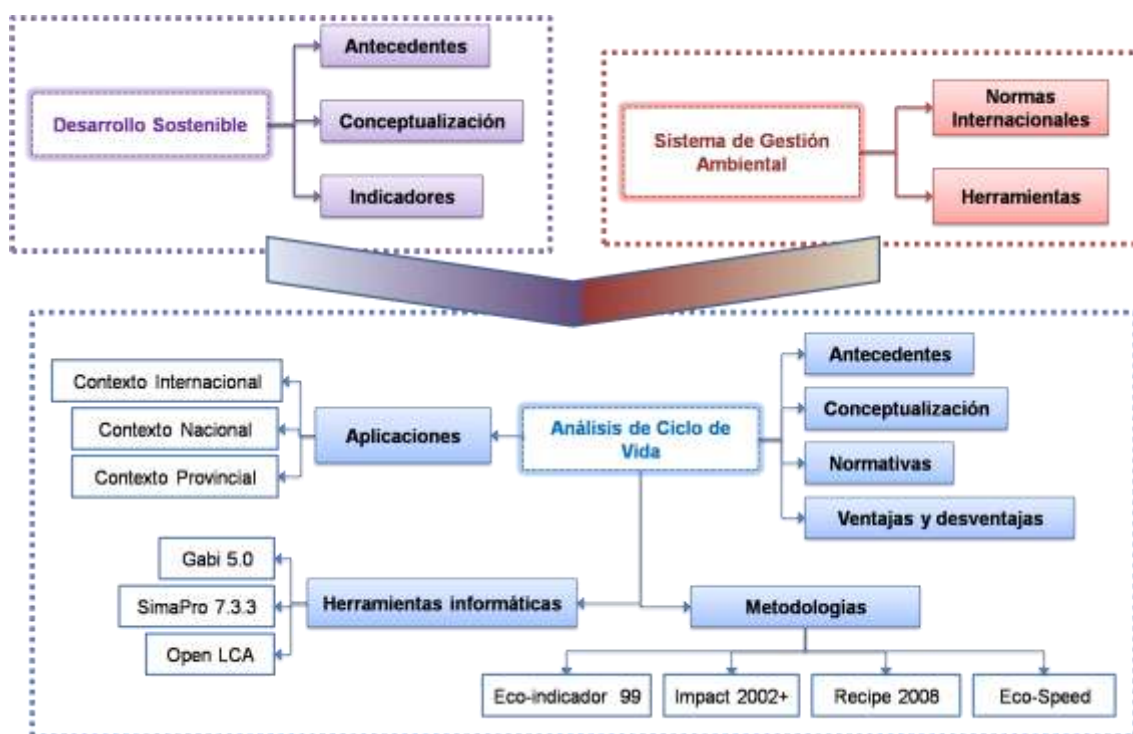


Figura 1.1: Hilo conductor del marco teórico referencial de la presente investigación.

Fuente: Elaboración propia.

1.1 Desarrollo Sostenible

El tratamiento al tema del Desarrollo Sostenible en la literatura relativa a las ciencias sociales y medioambientales ha sido muy amplio y diverso; sus antecedentes tienen mucho que ver con el nacimiento y embrión de los primeros grupos ecologistas en los países desarrollados.

1.1.1 Antecedentes

El ambientalismo contemporáneo tiene sus raíces en el siglo XIX, donde las clases aristocráticas europeas impulsaron la creación de reservas naturales con fines esteticistas,

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

crearon reservas de defensa de paisajes amenazados por la industrialización, la preservación de cotos de caza y espacios turísticos. Mientras que en Estados Unidos a diferencia del caso europeo, los conservacionistas estaban preocupados por la explotación forestal excesiva, a finales de ese siglo la mayor parte del territorio del país estaba ya apropiada de manera privada, los interesados por esta causa la mayor parte eran personas de clase media y alta, miembros de grupos excursionistas preocupados por la rápida pérdida de terrenos públicos, la destrucción de los bosques y otras zonas que amenazaban los hábitat naturales remanentes.

Inglaterra y Estados Unidos fueron fundadores en la creación de asociaciones y leyes en defensa de la naturaleza, en Estados Unidos es donde surge la idea de preservar grandes espacios en su estado original como, paisajes y santuarios para la vida animal y vegetal, dejando fuera la presencia humana, se fundan las asociaciones conservacionistas el Sierra Club"(1892) y la Audubon Society (1905). En 1916 se aprueba el National Park Service Act, ley que regula el manejo de los recursos naturales (Riechman & Fernandez, 1995).

En ese sentido, no es casual que la primera obra que plantea una concepción global del medio ambiente es *Man and Nature* fue escrita por el norteamericano George Perkins Marsh en 1865, de gran repercusión en la época (Jiménez Herrero, 2001).

A finales del siglo XIX surgieron las primeras ideas de crear una coordinación internacional para la protección de la naturaleza, por la propuesta realizada en el VIII Congreso Internacional de Zoología (Basilea, 1910), pero no tuvo lugar por la Primera Guerra Mundial, en 1928 se logró un acuerdo de los países europeos para crear la Oficina Internacional de Protección de la Naturaleza con sede en Bruselas, pero nuevamente esta iniciativa se vio afectada por la Segunda Guerra Mundial.

Un momento clave fue 1945, en primer lugar, por la explosión de las primeras bombas atómicas que supusieron una amenaza planetaria reciente generada por la propia humanidad; en segundo lugar, porque fue el comienzo de un desarrollo económico también reciente, que se extendió sin problemas hasta finales de los sesenta. La conciencia ambientalista se conforma a partir de la percepción de los efectos negativos de este proceso, toman conciencia sobre los problemas socio-ambientales como una consecuencia del modelo de desarrollo perjudicial de la naturaleza, que ha primado en los últimos siglos, comienza a evidenciarse en las últimas décadas del siglo XX. La introducción de la crisis ambiental conllevó a que se realizaran un conjunto de acciones, algunas de estas se muestran en el **Anexo 1** (Bermejo, 2000).

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

La alarma ambiental tuvo varios acontecimientos (**Ver Figura 1.2**), pero no fue hasta 1987 que con un enfoque optimista se publicó el informe denominado “Nuestro futuro común” (Our Common Future), mejor conocido como el informe Brundtland, donde se generalizó el concepto de desarrollo sostenible.

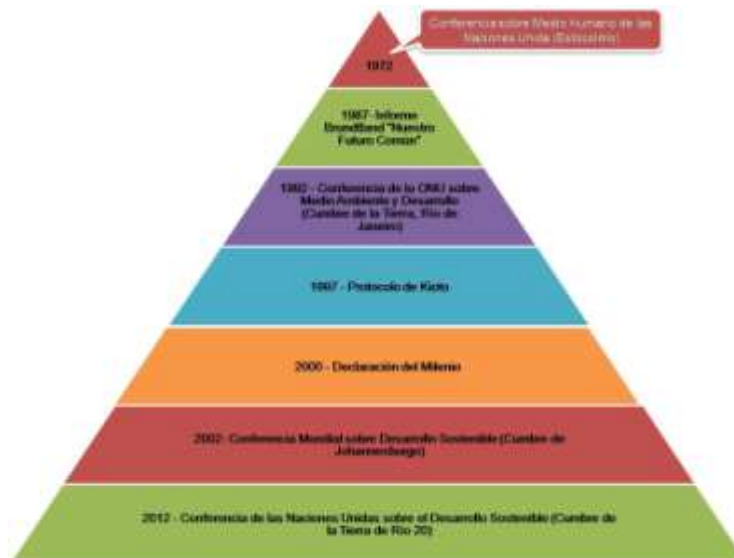


Figura 1.2: Acciones realizadas para el desarrollo sostenible. **Fuente:** Elaboración propia.

El desarrollo sostenible se enfoca en mejorar la calidad de vida sin aumentar el uso de recursos naturales, más allá de la capacidad del ambiente de proporcionarlos indefinidamente. Se trata de tomar acción, de cambiar políticas y prácticas en todos los niveles, desde el ámbito individual hasta el internacional, que permitan asegurar los recursos para sostener a ésta generación y a las siguientes. Una importante conclusión fue, que muchos ejemplos de “desarrollo” conducían a aumentos en términos de pobreza, vulnerabilidad de incluso degradación del ambiente. Por eso surgió como necesidad apremiante un nuevo concepto de desarrollo, un desarrollo protector del progreso humano hacia el futuro, el “desarrollo sostenible”. Es evidente que es necesario interpretar este concepto, comprender su alcance y de lo que encierra, para utilizarlo con diversos fines.

1.1.2 Conceptualización

En el debate internacional en la actualidad sobre el progreso económico futuro, el concepto de desarrollo sostenible se ha convertido en un elemento central. El estilo de vida de la humanidad ha cambiado rápidamente en este siglo a causa de los grandes avances de la ciencia y de la tecnología y temas como los problemas ambientales son cada vez más importantes en el debate sobre la definición de modelos de desarrollo futuro.

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

Hay varias definiciones del término “desarrollo sostenible”, pero éste fue formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland: Nuestro Futuro Común en 1987, fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas encabezada por Gro Brundtland. Dicha definición se asumiría en el Tercer Principio de la Declaración de Río (1992) como: Meets the needs of the present generation without compromising the ability of future generations to meet their own needs. (Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades).

El Desarrollo Sostenible pretende resolver problemas tan diversos como el calentamiento global, la extinción de especies, la contaminación ambiental, la paz mundial y la propia existencia de la especie humana entre muchas más; pero para ello, requiere satisfacer las necesidades básicas de todos y extender a todos la oportunidad de poner en práctica sus aspiraciones a una vida mejor. La satisfacción de las necesidades esenciales requiere no sólo una nueva era de crecimiento económico para las naciones que la mayoría de los habitantes son pobres, sino también la garantía de que los pobres tengan una participación justa de los recursos necesarios para sostener este crecimiento. La equidad debería ser apoyada tanto por los sistemas políticos que garanticen la participación efectiva de los ciudadanos en la toma de decisiones, tanto por una mayor democracia en las decisiones internacionales.

El desarrollo sostenible no es sólo la protección del medio ambiente, es una nueva forma de pensar sobre la vida y la política, es un tipo de crecimiento económico sostenible en armonía con la naturaleza, es la reanudación de los conceptos de justicia, oportunidad e igualdad entre todos los hombres. Por estas razones, el ámbito del desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres pilares (**Ver Figura 1.3**): ambiental, económico y social; el futuro dependerá de cuánto equilibrio se logre entre estos pilares. Un resumen sobre diferentes puntos de vista teóricos del desarrollo sostenible se muestra en el **Anexo 2**.



Figura 1.3: Esquema de los tres pilares del desarrollo sostenible. **Fuente:** Elaboración propia.

La petición al desarrollo sustentable es un llamado a cambiar las estrategias aplicadas hasta el momento, tanto en materia de políticas de desarrollo, como ambientales, se necesita un cambio drástico y necesario para mantener la estabilidad social, lo que se puede lograr con la implementación de indicadores de Desarrollo Sostenible.

1.1.3 Indicadores de sostenibilidad

Los indicadores son herramientas que permiten sintetizar información sobre una realidad compleja y cambiante, acceden a un mejor trabajo y evitan consecuencias inaceptables. Con los indicadores adecuados, quienes monitorean los procesos, pueden predecir tendencias e intervenir antes de que se produzcan procesos indeseables o irreversibles. Por lo que, la medición del Desarrollo Sostenible requiere el diseño en conjunto de indicadores provenientes de tres grandes pilares que lo integran: el económico, el social y el medioambiental (**Ver Figura 1.4**). A su vez, en el **Anexo 3** se muestran los distintos tipos de indicadores teniendo en cuenta su enfoque.

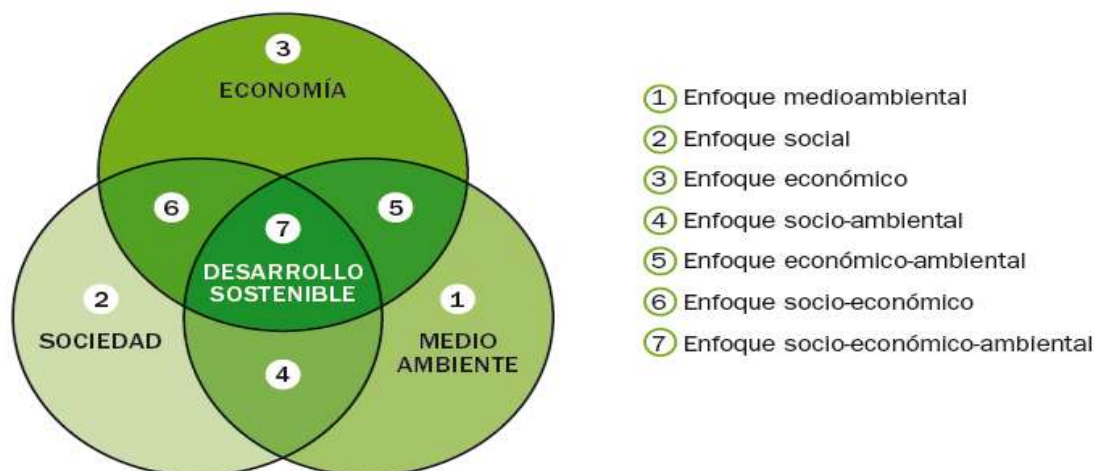


Figura 1.4: Enfoques de los indicadores de desarrollo sostenible. **Fuente:** (Fernández Latorre, F; 2006)

La necesidad de un desarrollo sostenible, el interés que el tema ha despertado, la toma de conciencia frente a las amenazas que pesan sobre el medio ambiente, el manejo de los recursos naturales y las adversas consecuencias que tendrían, han llevado a la aplicación de políticas de desarrollo que sean capaces de velar por un futuro mejor, por lo que normas de Sistema de Gestión Ambiental son tan importantes.

1.2 Sistema de Gestión Ambiental

El propósito de la Gestión Ambiental es conservar y utilizar de manera sostenible el medio ambiente el cual es llevado por las acciones de la sociedad civil. Es una herramienta para mejorar la eficiencia productiva y obtener beneficios económicos, sin tener repercusiones medioambientales al ser este tema de gran importancia hoy en día.

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

Los elementos de un SGA adoptan la orientación hacia la mejora continua basada en el conocido Ciclo de Shewhart “mejora continua de Deming” (1982), que incluye la planificación del sistema, la implantación, el control y la toma de decisiones para la mejora. Estas funciones permiten estudiar los sistemas de forma uniforme e integrarlos a los efectos de su funcionamiento. Entre los beneficios que pueden obtener las organizaciones en la implantación de un SGA se pueden apreciar:

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

⇒ Mayores potencialidades para incursionar en nuevos mercados y potencialidades competitivas.

⇒ Fortalecimiento de los estándares de seguridad ambiental.

⇒ Mejoramiento de las relaciones con las autoridades y con el entorno social.

⇒ Mejoramiento del ambiente de trabajo y creación de una conciencia de eficacia en el conjunto de la empresa.

⇒ Disminución de los gastos y costos, entre otras razones por: posibles penalizaciones por incumplimientos de normativas, legislaciones o disposiciones jurídicas.

⇒ Ahorro en el uso de los recursos naturales e insumos.

⇒ Introducción del sistema en todos los elementos de la organización empresarial

El tema ambiental alcanzó una mayor prioridad en las agendas estatales, y se inició la introducción de la visión medioambiental, que generó nuevas instituciones y políticas, y que se superpuso a la visión minera de los recursos naturales renovables, a la visión de su uso racional y a la visión conservacionista, que superviven hasta nuestros días.

En 1973, Brasil creó la Secretaría Especial del Medio Ambiente y México estableció la Subsecretaría para el Mejoramiento del Medio Ambiente, iniciándose un proceso de construcción de agencias ambientales a nivel nacional. Se inició así, el establecimiento de regulaciones y estándares que expresan, de alguna manera, la calidad ambiental deseada, en particular en relación con el agua y el aire. Pero la fijación de las normas y estándares con frecuencia se hizo a partir de aquellos fijados en los países industrializados, sin la requerida adecuación al medio.

1.2.1 Norma Internacional para un Sistema de Gestión Ambiental

Han surgido un amplio número de reglamentaciones y normas técnicas con relevancia ambiental, que se ocupan tanto de la conservación y el uso racional de recursos: el suelo, el agua y la atmósfera, así como la vida silvestre y su hábitat, como de las actividades humanas que pudieran afectarlos, incluyendo la contaminación. Los principales sistemas de normas de calidad del Sistema de Gestión Ambiental son:

⇒ Normas UNE (Unión de Normas Españolas) - Las UNE son un conjunto de normas españolas para muy diferentes asuntos industriales. 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

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

Medioambiental (UNE 77-801-94), o como se debe hacer el Análisis de ciclo de vida. Están siendo sustituidas por las normas europeas o internacionales.

⇒ 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.

⇒ 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.

La familia de NC ISO 14000 son un conjunto de normas que ofrecen herramientas y establecen un patrón de Sistemas de Gestión Ambiental (**Ver Figura 1.5**). Estas normas tienen como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un sistema de gestión ambiental (SGA) eficaz que puedan ser integrados con otros requisitos de gestión, y para ayudar a las organizaciones a lograr metas ambientales y económicas (NC ISO 14001, 2004).

La NC ISO 14001:2004 describe los procedimientos mínimos y necesarios a tener en cuenta, para que una empresa o institución que desarrolla procesos que involucran al Medio Ambiente o sus componentes, desarrolle y/o mejore un Sistema de Gestión concreto, operativo y contextualizado, atendiendo a los impactos generados, políticas ambientales vigentes y condiciones socio-económicas regionales (**Murillo Trujillo, 2007**).

La NC-ISO 14040 forma parte de la Familia de Normas ISO 14000, proporcionando los principios y la estructura así como ciertos requisitos metodológicos para realizar estudios del ACV.

La importancia de los impactos medioambientales generados en las fases del ciclo de vida son relevantes para una gestión medioambiental adecuada, por lo que es necesario para el sector industrial emplear herramientas de Gestión Ambiental, para conocer todas las interrelaciones que desde el punto de vista medioambiental ocurren a lo largo del ciclo de vida de los productos.

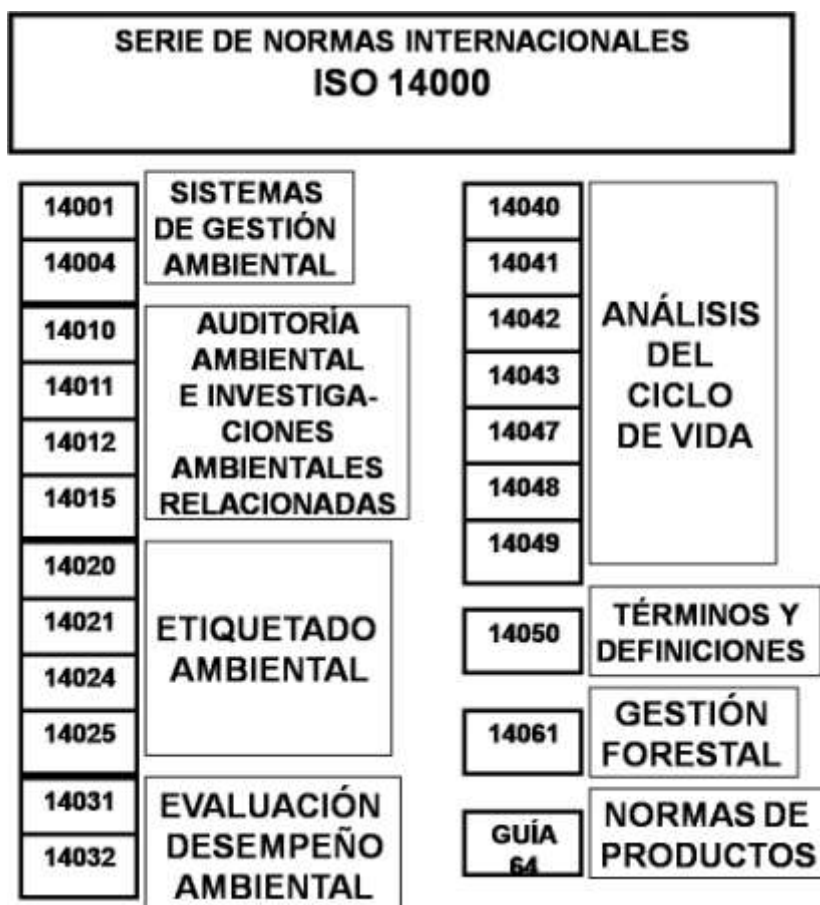


Figura 1.5. Serie de Normas Internacionales ISO 14000. **Fuente:** Elaboración propia.

1.2.2 Herramientas del Sistema de Gestión Medioambiental

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, herramientas que permitan medir los diversos tipos de parámetros ya sean medibles o no. La evaluación de impacto ambiental, es la herramienta preventiva mediante la cual se evalúan los impactos negativos y positivos que las políticas y proyectos generan sobre el medio ambiente, se proponen medidas para ajustarlos a niveles de aceptabilidad.

El SGA que se concentra en procesos u operaciones de fabricación, usualmente sobre una planta industrial específica, generalmente utiliza las herramientas de Estudio de Impacto Ambiental, el Análisis de Riesgo Industrial y la Auditoría Ambiental entre otras. Las que cubren toda una cadena o sistema de producción que permite la existencia de un servicio o de un producto, incluyen como principales exponentes el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

Análisis de Flujo de Sustancia, el Análisis de Línea del Producto y el Análisis de la Intensidad de Recursos por Unidad de Servicio entre otras **(Domínguez, 2008)**.

Cada una de estas herramientas ofrece diferentes formas de afrontar el problema, suministran diversas informaciones útiles a la hora de una toma de decisión. En el **(Anexo 4)** se presentan de forma resumida los objetivos, puntos fuertes y débiles de cada una de ellas. Los métodos basados en el ACV han mostrado un gran potencial para realizar evaluaciones sólidas de sustentabilidad, ya que a pesar de que tradicionalmente el ACV se ha enfocado a los impactos por contaminación (ACV ambiental), se pueden ahora evaluar impactos socioeconómicos, con un análisis de ciclo de vida económico y con el análisis de ciclo de vida social.

1.3 Generalidades del Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

El Análisis de Ciclo de Vida consiste en contabilizar los efectos ambientales adversos, generados a lo largo del Ciclo de Vida de un proceso, evalúa las cargas ambientales asociadas a este identificando las entradas y salidas del sistema, ofreciendo la oportunidad de proponer mejoras ya que los mayores impactos influyen en el uso de recursos, la salud humana y las consecuencias ecológicas. El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), permite evaluar los impactos sobre el medio ambiente de un producto considerando su ciclo de vida, de ahí la importancia de esta temática.

1.3.1 Antecedentes y conceptualización

Los primeros estudios enfocados sobre algunas etapas del ciclo de vida de ciertos productos se remontan hacia fines de la década de los años 60 y principios de los 70. Esos estudios pusieron el énfasis en el análisis de la eficiencia, en el consumo de la energía y sus fuentes, el consumo de materias primas y, en menor medida, en la disposición final de los residuos generados. (Trama y Troiano, 2001)

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

Los estudios continuaron durante los años setenta, y grupos como Franklin Associates Ltd. junto con la MRI realizaron más de sesenta análisis usando métodos de balance de entradas/salidas e incorporando cálculos de energía. Entre 1970 y 1974, la Environmental Protection Agency (EPA) realizó nueve estudios de envases para bebidas. Los resultados

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

sugirieron no utilizar el ACV en cualquier estudio, especialmente para empresas pequeñas, ya que involucra costos altos, consume mucho tiempo e involucra micro-manejo en empresas privadas (Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente. Proyecto minimización de Residuos provenientes de Embalaje, 2001). En Europa, estudios similares se realizaron en la década de los sesenta. En Gran Bretaña, Lan Boustead realizó un análisis de la energía consumida en la fabricación de envases (de vidrio, plástico, acero y aluminio) de bebidas. (Trama y Troiano, 2001)

Pero fue a partir de los años ochenta cuando la aplicación del ACV se incrementó. En esta misma década fue cuando se desarrollaron 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)

La Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) es la principal organización que ha desarrollado y liderado las discusiones científicas acerca del ACV. En 1993, formuló el primer código internacional: Código de prácticas para el ACV (Code of Practice for Life Cycle Assessment), con el fin de homogeneizar los diversos estudios realizados para que siguieran una misma metodología. Esto impulsó el inicio de desarrollos masivos de ACV en diversas áreas de interés mundial, pues se realizaron conferencias, talleres y políticas sobre ACV.

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.

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 Países del Asia son también líderes en la adopción del ACV (Chacón Vargas, 2008).

El ACV ha evolucionado y se ha enriquecido progresivamente, debido a la necesidad de disminuir el impacto ambiental de las distintas producciones que tienen lugar en la actualidad; convirtiéndose en una de las herramientas de análisis ambiental más utilizadas que posee un estándar internacional.

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

Los objetivos globales que persigue según (Nydia Suppen & Van Hoof, 2007) son: Suministrar un cuadro lo más completo posible de las interrelaciones de los procesos, productos y actividades con el Medio Ambiente. Identificar mejoras ambientales. Obtener información ambiental de calidad, que facilite el dialogo constructivo entre los diferentes sectores de la sociedad preocupados por los temas de calidad ambiental.

La importancia del concepto del ciclo de vida surge de dos conceptos básicos (Monroy, 2008):

⇒ Cuantificar una medida ambiental: Esta cuantificación se realiza relacionando los impactos (cantidades de energía, uso de materiales, emisiones) con los problemas ambientales.

⇒ Establecer prioridades ambientales: Como base para la planificación del mejoramiento del desempeño ambiental, el ACV analiza todos los impactos durante todo el ciclo de vida de un producto, identificando las prioridades con base en las cuales se definen las estrategias preventivas de mejoramiento del desempeño ambiental.

En la bibliografía consultada se estudian diferentes conceptos (**Ver Anexo 5**) pudiéndose apreciar que existe concordancia entre los diferentes autores en que el ACV es una técnica que permite determinar los aspectos ambientales de un producto, así como sus impactos, usando como herramienta un inventario de entradas y salidas, para evaluar los impactos potenciales que tiene este producto o servicio sobre el ambiente, teniendo en cuenta los impactos de los materiales y materias primas que se necesitan para su elaboración, así como los impactos en que se incurre desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final. (**Ver Figura 1.6**)



Figura 1.6: Definición de Análisis de Ciclo de Vida para un producto. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información recopilada.

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

Según la norma ISO 14040 las etapas desde la adquisición de materia prima hasta la disposición final de un producto o servicio se denomina Análisis de Ciclo de Vida, cuantifica, evalúa los impactos potenciales que estos causan al medio ambiente

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. En la **fase de fabricación**, 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. (Gonçalves, 2004)

1.3.2 Normativas

La complejidad del ACV requiere un protocolo al cual deberá ajustarse todo estudio de ACV, entre las más valiosas contribuciones al desarrollo metodológico del ACV, se puede mencionar:

⇒ El código de prácticas para ACV por la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) en 1993.

⇒ La Guía Nórdica para ACV publicada por el Nordic Council of Ministers en 1995.

⇒ El proceso de estandarización del procedimiento del ACV elaborado por ISO (International Organization for Standardization), cuyas normas se empezaron a publicar en el año 1997.

La finalidad de las normas ISO es impulsar y promover una gestión más eficaz del medio ambiente, proporcionando herramientas útiles para recopilar, interpretar y transmitir información contrastada y objetiva, con el fin de mejorar las intervenciones ambientales. Aportando tres grupos de herramientas medioambientales: el Análisis del Ciclo de Vida (ACV), la Evaluación del Desempeño Ambiental (EDA) y el Sistema de Etiquetado Ecológico.

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

Dentro de la normalización ISO se deben distinguir normativas e informes técnicos, la estructura normativa del ACV se representa como una casa con cuatro habitaciones principales. (Ver Figura 1.7)



Figura 1.7: Estructura normativa del ACV. **Fuente:** (Romero, 2004).

Actualmente se han elaborado cuatro normativas relacionadas con el ACV:

⇒ NC-ISO 14040 (1999): especifica el marco general, principios y necesidades básicas para realizar un estudio de ACV, no describiéndose la técnica del ACV en detalle (NC-ISO-14040 1999).

⇒ NC-NISO 14041 (2000): en esta normativa se especifican las necesidades y procedimientos para elaborar la definición de los objetivos y alcance del estudio y para realizar, interpretar y elaborar el informe del análisis del inventario del ciclo de vida, ICV (LCI) (NC-ISO-14041, 2000).

⇒ NC-ISO 14042 (2001): en ella se describe y se establece una guía de la estructura general de la fase de análisis del impacto, AICV (LCIA). Se especifican los requerimientos para llevar a cabo un AICV y se relaciona con otras fases del ACV (NC-ISO-14042, 2001).

⇒ NC-ISO 14043 (2001): esta normativa proporciona las recomendaciones para realizar la fase de interpretación de un ACV o los estudios de un ICV, en ella no se especifican metodologías determinadas para llevar a cabo esta fase (NC-ISO-14043, 2001).

Además de documentos técnicos para ayudar a la elaboración de estudios de ACV como son:

⇒ ISO TR 14047 (2002): proporciona un ejemplo de cómo aplicar la norma ISO 14042 (ISO-14047, 2002).

⇒ ISO/CD TR 14048 (2002): este documento proporciona información en relación con los datos utilizados en un estudio de ACV (ISO-14048, 2002).

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

⇒ ISO/TR 14049 (2001): este informe técnico proporciona ejemplos para realizar un ICV de acuerdo con ISO 14041.

De acuerdo con la metodología propuesta por la normativa ISO 14040 un proyecto de ACV puede dividirse en cuatro fases: objetivos y alcance del estudio, análisis del inventario, análisis del impacto e interpretación. **(Ver Figura 1.8)**

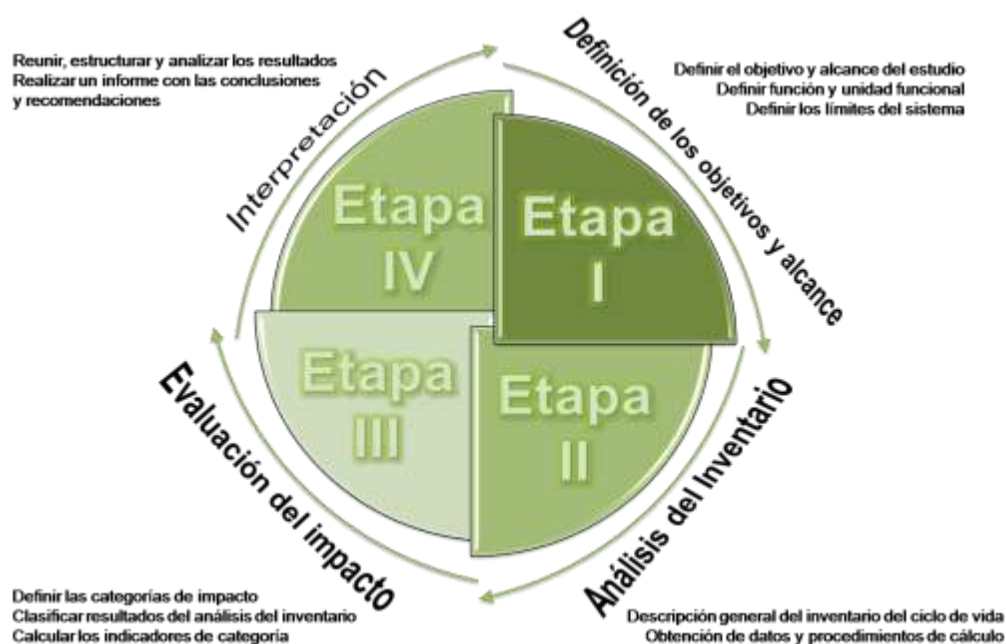


Figura 1.8: Etapas de la Metodología propuesta por la NC-ISO 14 040 para el ACV. **Fuente:** NC-ISO 14 040, 1999.

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. (NC ISO 14 040, 1999).

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

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

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 metodología 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).

1.3.3 Ventajas y Desventajas

El ACV ayuda a aprovechar los limitados recursos financieros y naturales con mayor eficacia. Podemos sacar más jugo al dinero invertido, (generar más riqueza, ampliar el acceso a la riqueza, la salud y la seguridad, aminorar los impactos ambientales), al optimizar los resultados y obtener más beneficios del tiempo, el dinero y los materiales empleados en el proceso.

Las organizaciones consideran benéfico conocer con el mayor detalle posible, los efectos que sus productos, servicios o actividades podrían causar en el medio ambiente, en especial, los que provoquen impactos ambientales significativos adversos, para atender a las responsabilidades legales, sociales y políticas que ellos implican, además de las pérdidas económicas y de imagen empresarial, por lo que esta herramienta brinda una base sólida, para que la dirección de una organización pueda tomar decisiones técnicas adecuadas, para hacerlos más eficientes en cuanto a su desempeño ambiental y que sigan realizando igualmente la función para la que fueron programados.

En cuanto a los aspectos financieros, el ACV puede ser una ayuda útil para bajar los costos de nuevos diseños y procesos de fabricación, transporte y distribución, entre otros, permite una mayor eficiencia en la asignación y el empleo de materias primas, insumos y energía (Trama & Troiano, 2001).

De igual modo, provee ventajas comparativas y competitivas al proporcionar todos los elementos de análisis a las empresas, que más tarde deseen certificar sus productos bajo esquemas de sellos ambientales o etiquetas ecológicas (Ecoetiquetado). La misma World

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

Trade Organization, plantea que cada vez son más las etiquetas ambientales que basan su análisis en el Análisis del Ciclo de Vida.

Una de las **principales virtudes** del ACV, al igual que ocurre con otros indicadores como la Huella Ecológica, es que permite integrar en un solo valor la complejidad de los sistemas de producción y consumo de productos, haciendo visibles impactos que otros indicadores no reflejan. En su cálculo se ha conseguido reflejar el factor duración y los ciclos de reutilización y reciclaje. Dado su enfoque integral permite saltar entre disciplinas relacionando diseño, fabricación, construcción y mantenimiento. Finalmente, en relación al sistema de consumo actual, permite valorar los productos desde el punto de vista de su impacto sobre el medio ambiente contrastando el simple enfoque económico del mercado. (Gonçalves, 2004)

Su desarrollo como método de valoración está todavía en sus etapas iniciales y cargado de polémica, pues (Gonçalves, 2004):

⇒ El ACV es una herramienta que por su complejidad resulta en procesos que requieren tiempo y recursos materiales y humanos, muchas veces incompatibles con la capacidad actual de la industria de desarrollar este tipo de iniciativas.

⇒ La información relativa a los inventarios de impactos ambientales en el ACV requiere un elevado nivel de información sobre materiales y procesos, que puede no estar disponible para un amplio espectro de situaciones.

⇒ La aplicación del ACV en productos complejos, en los que los límites del sistema se extienden en una multiplicidad de actividades, puede resultar en grados de complejidad incompatibles con evaluaciones fiables del Ciclo de Vida. Es este el caso de la construcción en el que la complejidad es evidente.

⇒ El ACV incide sobre una gran diversidad de variables que no poseen siempre el mismo sentido, es decir, puede darse el caso de que la mejor opción energética no sea la que genere menos residuos o emisiones. Además de este condicionante, hay que considerar cuestiones como la definición de escalas comunes de evaluación entre variables y situaciones distintas.

Uno de los **puntos débiles** de la metodología del ACV es la subjetividad de la que depende en algunos pasos del cálculo: (Antón Vallejo, 2004)

⇒ La metodología del ACV pretende objetividad y transparencia. En la fase del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) los valores de cargas ambientales corresponden a un esfuerzo de objetivar al máximo todo el conjunto de datos y parámetros utilizados. Dichos valores pueden variar en función de la exactitud de los datos y de su precisión. No ocurre así con la

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

determinación de los impactos ambientales introducidos en el paso Evaluación del Impacto del Ciclo de Vida. Tanto su identificación, su evaluación, como su ponderación respecto a otros impactos puede responder a criterios subjetivos.

⇒ La utilización de modelos para el cálculo de los impactos resulta a su vez una fuente de subjetividad. Un modelo es una representación simplificada de los fenómenos y mecanismos que se dan en la realidad. La elección de dónde y de qué simplificación introducir no deja de ser parcialmente subjetiva. Diferentes investigadores pueden desear usar diferentes modelos que corresponden a diferentes premisas y simplificaciones.

⇒ La naturaleza de las elecciones e hipótesis que se hacen en el ACV, el establecimiento de los límites del sistema, la selección de la fuente de datos, las categorías de impacto, pueden ser subjetivas (ISO 14040). Diferencias en los datos de entrada pueden causar diferencias en el alcance, límites geográficos.

⇒ Diversas metodologías han surgido para el desarrollo del ACV, a continuación se explicaran algunas de ellas.

1.3.4 Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental

Diversas metodologías han surgido para el desarrollo del ACV, algunas de estas son: Eco indicador 99, LIME, Impact 2002, EDIP 97, EDIP 2003, JEPIX, CML, ReCiPe 2008, Eco-Speed. A continuación se hará referencia de algunas.

Eco-indicador 99: 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.

Impact 2002 +: metodología para análisis de impacto del Ciclo de Vida que propone una implementación factible de la combinación de los puntos intermedios y 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.

Para el Impact 2002 +, han sido desarrollados nuevos conceptos y métodos, especialmente para la valoración comparativa de la toxicidad humana y eco-toxicidad. Los factores de

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

daños humanos son calculados para carcinógenos y non- carcinógenos, empleando fracciones de entrada, los mejores estimados de factores de inclinación de respuesta ante dosis, así como también severidades.

EDIP 2003: enfocado al desarrollo de productos. Recomendando evitar la asignación de cargas ambientales. Planteando una relación entre causa y efecto, asigna los cambios ambientales a los procesos. Es un método de punto intermedio el cual representa diferentes categorías de impacto entre las que se encuentran: Calentamiento global, Deterioro de la capa de ozono, Eutrofización terrestre y acuática, Toxicidad humana, Eco-toxicidad, Acidificación, y Formación de ozono foto-químico. Esta metodología propone el uso del ACV como herramienta clave de ayuda a la toma de decisiones de carácter medioambiental por parte del diseñador.

CML: metodología desarrollada por el Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Leiden, Holanda a partir de 1992. Es la base de la mayoría de los métodos de EICV. La clasificación se basa en principios científicos, dentro de la comunidad de la SETAC. Es un método de punto intermedio en el cual se definen las siguientes categorías de impacto: Agotamiento de la capa de ozono, Toxicidad humana, Eco-toxicidad, Calentamiento global, Acidificación, Eutrofización, Formación de smog foto-químico, Uso de energía, Residuos sólidos, y Reducción de recursos abióticos.

ReCiPe 2008: 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. 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.

Eco-Speed: método presentado por MSc. 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 y como afectan el mecanismo ambiental (Fernández Rodríguez, 2012). Además, en la **(Figura 1.9)** se muestran las 3 categorías de daño, las cuales son afectadas por 13 categorías de impacto, siendo explicadas cada una de estas en el **Anexo 6**. En general el basamento del método es utilizar funciones de agotamiento, donde los resultados

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

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.



Figura 1.9: Categorías de Impacto y Daño en Eco-Speed. **Fuente:** Fernández Rodríguez, 2012.

Los aportes novedosos de Eco-Speed son los siguientes (Fernández Rodríguez, 2012):

⇒ Las categorías de Toxicidad fueron calculadas utilizando el modelo USEtox, el cual permite la inclusión de los parámetros específicos de la región.

⇒ La sensibilidad de estas categorías de toxicidad fue mejorada utilizando estimaciones mediante la inteligencia artificial con los algoritmos bayesianos de redes neuronales.

⇒ Se añade una categoría nueva: “Consumo y Calidad del Agua”, considerando la importancia de este recurso para nuestro país.

⇒ La categoría “Uso y transformación de la Tierra” utiliza un nuevo enfoque el cual considera la productividad de los suelos.

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 para utilizarla.

1.3.5 Herramientas informáticas

Las empresas deben evaluar el impacto ambiental que tiene un proceso. 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 hasta la disposición final, las herramientas ofrecen diferentes formas de afrontar el problema y suministran diversas

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

informaciones útiles a la hora de una toma de decisión. Algunas herramientas y comentarios acerca de ellas se presentan en el **Anexo 7**, explicando a continuación las más utilizadas.

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 (Cruz García, 2012).

SimaPro 7.3.3

SimaPro es un programa desarrollado por la empresa holandesa PRéConsultants, 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 (Cruz García, 2012).

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 (Cruz García, 2012). 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. 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. Los usuarios pueden, muy racionalmente, seleccionar el formato que mejor almacena los datos que necesitan 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).

1.4 Aplicaciones

Existen diferentes aplicaciones del ACV, como primer enfoque se pueden clasificar sus usos generales y particulares. 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.

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

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.

A principios de 1993 se reportó una revisión de las aplicaciones de ACV en la agroindustria por Andersson et al. (1993). Se realizaron varias ACV para productos alimenticios, pero estos incluyeron sólo las actividades de empaque lo que los restringió al uso de materiales de empaque. Se menciona en el estudio formas de reducir los efectos ambientales con resultados opuestos y se identificó la necesidad de estudios más detallados.

Ellos sugirieron ampliar los límites del sistema al estudio del sistema de producción de alimentos completo, desde la producción agrícola de alimentos y materias primas hasta el manejo de desechos, porque el consumo de menos materiales de empaque podría indicar mejoras ambientales, solo cuando los empaques son incorporados en la evaluación completa. Andersson llegó a la conclusión que pocos estudios habían considerado la cadena completa de alimentos, solamente habían resultados y experiencias de la ACV en el empaque y otras fases del sistema de producción de alimentos.

Según el estudio de (Audsley 1997), la revisión de las aplicaciones de la ACV en agrocadenas, agrega elementos para nuestro análisis. Un estudio inicial en ese sentido lo condujo la Comisión Europea de Agricultura DG XI, a efectos de establecer cómo el ACV podría ser aplicada en la producción agrícola, para identificar las dificultades metodológicas que requerirían investigación futura y armonizar los enfoques de las instituciones participantes. Se analizaron tres casos de métodos alternativos para el cultivo de trigo, definidos de tal manera que introdujeran la mayor cantidad de temas posibles que requieren de armonización y resolución. Estos tres sistemas incluían diferentes tipos de fincas y procesos de producción. El objetivo fue determinar la diferencia entre sistemas de producción diferentes con funciones equivalentes, tomando en cuenta el uso de los recursos y el impacto ambiental.

En el estudio de Mattsson et al. (1999), para determinar los impactos ambientales del uso de la tierra. Propone la utilización de objetivos ambientales para el uso de la tierra, a fin de asegurar la capacidad de producción biológica futura, preservar la belleza escénica y la biodiversidad. Para ello sugieren los siguientes indicadores de la capacidad de producción

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

de suelos: erosión, efectos hidrológicos, materia orgánica en el suelo, estructura de la tierra, el PH del suelo, la acumulación de metales pesados, y los altos contenidos de fósforo y potasio. En el caso de la biodiversidad se sugiere, al definir opciones de cultivos y productos, considerar una descripción cualitativa de las especies afectadas por los cultivos y el valor estético del paisaje.

Díaz (2003) desarrolló un estudio de la aplicación de ACV en tres agroindustrias costarricenses (Ver **Anexo 8**).

La agricultura es la que causa más problemas ambientales en la **cadena de café**, por el uso de agroquímicos y la forma de uso del suelo. Las opciones para reducir estos impactos están en el café orgánico y el café en sombra. Pero los resultados son contradictorios porque la aplicación de fertilizantes orgánicos genera una alta eutrofización y la producción orgánica es más intensiva en uso de la tierra. El impacto más importante en el proceso de beneficiado es hacia el agua. Debido a las regulaciones gubernamentales el sector cafetalero introdujo cambios tecnológicos para reducir impactos.

En el caso del café los mayores efectos ambientales vienen del beneficiado y el transporte nacional e internacional. Estos problemas ambientales están lejos de ser una preocupación local y la presión debe darse contra los agentes contaminantes los costos de la contaminación. Las ganancias en la competitividad por la mejora en el perfil ambiental en las tres cadenas, están principalmente relacionadas con las posibilidades a mediano y largo plazo de satisfacer los requerimientos ambientales locales. Actualmente, sólo el café está bajo mayor presión desde la demanda (consumidor final). La fase agrícola está afectada por altos costos y precios bajos que obligan al productor a reducir el uso de agroquímicos.

La Organización de Naciones Unidas ubica a Cuba en el primer nivel en América Latina en el uso de la metodología para el Análisis del Ciclo de Vida, con el fin de determinar los impactos ambientales de los procesos agrícola, industrial y hasta de la prestación de servicios. A pesar de ser el ACV una herramienta que aún está en una etapa temprana de su desarrollo, se puede decir que Cuba va a la vanguardia en cuanto a estudios de este tipo. Se puede citar el caso de la Empresa Arrocera en la provincia de Holguín, que aplica esta herramienta, se realiza un análisis desde el punto de vista energético y su influencia sobre el medio ambiente, tomando como referencia la producción arrocera actual en la provincia de Granma, específicamente el estudio en el CAI arrocero Fernando Echenique (García, 2009). En el 2011 en México se desarrolló la cuarta Conferencia Internacional de Ciclo de Vida en Latinoamérica (CILCA 2011), donde se participaron un grupo de investigadores cubanos que aportaron sus experiencias en el tema, ejemplo de estos trabajos son:

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

⇒ “Desarrollo de los inventarios para metrizados del ciclo de vida y modelado de perfiles ambientales para la producción de azúcar cruda en Cuba” de MSc. Maylier Pérez Gil

⇒ “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

⇒ “El Análisis de Ciclo de Vida de los desechos sólidos generados en la playa Santa María” presentado por Ronaldo Santos Herrero

⇒ “Aplicación de la metodología de valoración del ciclo de Vida para la evaluación de un molino de azúcar cubano, por medio de inventarios parametrizados” de Ana M. Contreras Moya.

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.

En el contexto provincial se han realizado amplios estudios referentes al ACV, algunos de esto se sintetizan a continuación.

En la investigación de (León Rodríguez, 2012) se aplica esta metodología en la producción de Cementos Cienfuegos S.A, donde sus principales resultados son:

⇒ El ACV de la producción de cemento con el uso del software SimaPro 7.1 y los métodos Ecoindicador, Impact 2002+ y Eco-Speed, muestra que el proceso de mayores cargas ambientales es la producción de clínker; donde se produce proporcionalmente el mayor consumo energético y la mayor parte de las emisiones de gases que impactan al medio ambiente, tanto por las reacciones químicas que origina la descarbonatación de la caliza, como por la quema de los combustibles fósiles.

⇒ Las categorías de impacto más afectadas son: uso de energías no renovables, respiración de sustancias inorgánicas y calentamiento global. Lo que implica que las categorías de daño más afectadas sean los recursos, la salud humana y el cambio climático.

⇒ Como variante de mejora ambiental se propone la implementación de un cemento alternativo al P-350 denominado PP-350, portland puzolánico; y la producción de otro cemento muy similar al PP-250 denominado PZ-250, con una variación en su composición química que contiene como aditivo tobas zeolíticas de un 20-38%. Los cementos mencionados, si bien pueden usarse indistintamente en muchas obras, tienen campos

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

propios donde ofrecen ventajas técnicas indiscutibles y superan económicamente los actuales.

⇒ Se estima con esta variante reducirá, en alrededor de un 28%, el consumo actual de clínker para hacer cementos, dejándose de emitir al año alrededor de 31 962 t de CO₂ y 646.23 t de SO₂. Demostrándose la factibilidad técnica, económica y ambiental de esta propuesta, que favorecería a la empresa con un beneficio de 1, 679,607 CUC y un ahorro de electricidad de 2, 739,736 kWh.

⇒ Promover o profundizar estudios en el territorio nacional en busca de residuos industriales hábiles para el uso como combustibles alternativos en los hornos de clínker y en cantidad significativa para corresponder a la demanda actual de las fábricas de cemento. Propiciando la disminución del consumo de combustibles fósiles y las importaciones.

⇒ Propiciar que la industria de conjunto con el gobierno, acompañe el desarrollo de nuevos mercados internos para estos cementos más limpios y económicos, aprovechando necesidades específicas o simplemente visualizando o creando necesidades.

⇒ Evaluar alternativas para el desarrollo prospectivo de la industria del cemento en las condiciones que se avizoran en el futuro mediano e inmediato, teniendo en cuenta las limitantes de la producción en lo relativo a materias primas, combustible, y sobre todo al impacto ambiental. Estas alternativas deben dirigirse no sólo a la actividad industrial, sino a todo el espectro de esferas desde las cuales pueden surgir soluciones al grave reto que enfrenta esta industria.

En la investigación de (Moya Gessa, 2010) se aplica esta metodología en la Empresa de Cereales Cienfuegos, donde sus principales resultados son:

⇒ Se define a partir de la metodología propuesta en las normas ISO 14 040 y usando el software SimaPro 7.1 una metodología capaz de valorar el ciclo de vida de la producción de harina en la Empresa Cereales Cienfuegos y su propuesta de mejora.

⇒ La comparación de tres métodos de evaluación de impacto coincide en cuanto las categoría de impactos, el método Eco – speed además fue capaz de asignar importancia al calentamiento global.

⇒ En la Empresa de Cereales Cienfuegos mostró que las categorías de impacto más afectadas son: la respiración de sustancias inorgánicas y el calentamiento global.

⇒ La fase más contaminante es la producción de harina de trigo, debido a las emisiones de partículas sólidas (polvo) y el calentamiento global por emisiones gases de efecto invernadero por el alto consumo de energía eléctrica.

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

⇒ Como mejora del proceso se propone hacer una inversión de equipos, para ganar en mejoramiento tecnológico, aumentar la productividad y contribuir al cuidado del medio ambiente, comprobándose la factibilidad técnica y económica demostrando que la inversión es factible al recuperar la inversión a partir del cuarto año ahorrándole al país \$ 1 158 780.68 a partir del quinto año.

⇒ Seguir profundizando la aplicación del ciclo de vida de la producción de harina bajo las características del país fundamentalmente en procesos de ponderación, normalización y determinación de incertidumbre.

⇒ Aplicar esta metodología al resto de los molinos del país, para poder mitigar los impactos causados por emisiones que puedan contribuir al calentamiento global, a la salud humana y al mal uso de los recursos.

En la investigación de (Fernández Rodríguez, 2012) se aplica esta metodología en la Empresa Eléctrica Cienfuegos, donde sus principales resultados son:

⇒ Al realizarse la comparación de los perfiles ambientales de la generación distribuida con fuel oil y diesel con los de la generación convencional de la termoeléctrica Carlos M Céspedes para 1MW.h generado, resulta de mayor impacto la generación de electricidad en las centrales distribuidas.

⇒ Se evalúa el impacto de la generación distribuida de energía eléctrica con el método Eco-Speed; apoyado con el análisis de incertidumbre según el método de Montecarlo, en el cual las categorías más afectadas son el agotamiento de los recursos, el uso del agua y el calentamiento global.

⇒ Se realizan las propuestas de mejoras para la reducción de los impactos en cada una de las tecnologías implantadas en las centrales de generación distribuida.

⇒ Indagar sobre el posible cambio de gas por diesel en las centrales de generación distribuida de diesel, ya que tuvo un buen resultado en la termoeléctrica Carlos M Céspedes.

⇒ Realizar las mejoras propuestas para disminuir recursos empleados y emisiones al Medio Ambiente conforme a lo propuesto en el lineamiento 133 de los LPESP.

⇒ Investigar sobre el uso de energía renovable (como las celdas fotoeléctricas) para el funcionamiento de las centrales e implementar así el lineamiento 139 de los LPESP.

En la investigación de (Cruz García, 2012) se aplica esta metodología en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos, donde sus principales resultados son:

⇒ 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

Capítulo I: Marco Teórico Referencial

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.

⇒ 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.

⇒ 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%.

⇒ 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.

⇒ Extender los estudios de evaluación del impacto ambiental al resto de los productos de la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos.

1.5 Conclusiones parciales del Capítulo I

1.El Desarrollo Sostenible trata de un proceso de cambio y transición, para evitar los errores del pasado y apuntar hacia la identificación del ser humano con la biosfera, hacer converger los intereses legítimos individuales dentro del contexto global con los intereses del propio sistema socioeconómico y ambiental.

2.El Sistema de Gestión Medio Ambiental tiene como objetivo, determinar qué elementos deben considerar las organizaciones en materia de protección medioambiental, para asegurar que en el desarrollo de sus actividades, tenga en cuenta la prevención y la minimización de los efectos sobre el entorno.

3.El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta que, además de medir impacto ambiental, permite a las empresas tener una visión más amplia sobre sus procesos, productos o servicios, 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.

4.Los distintos métodos que complementan el Análisis de Ciclo de Vida, presentan parámetros similares, que en función de características específicas de la población, de las especies y el entorno, permiten evaluar los impactos ambientales ocasionados por la actividad consiente del hombre, arrojando importantes resultados en la elaboración de políticas y estrategias de desarrollo.



Capítulo II

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes

En el presente capítulo se describen las empresas Agroindustrial Eladio Machín y la UEB Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de septiembre” de Cienfuegos. Se realiza un análisis de la situación ambiental de la empresa objeto de estudio, analizando la manera en que esta afecta a ecosistemas cercanos a ella como a los asentamientos poblacionales que la rodean. Además, se detallan además las etapas de la herramienta de gestión ambiental Análisis del Ciclo de Vida (ACV), que se utiliza para evaluar el impacto ambiental de la entidad.

2.1. Antecedentes y características generales de la Empresa Agroindustrial “Eladio Machín”

La introducción del cultivo del café en la región comienza por inmigrantes dominicanos en 1821, poco después de la fundación de Cienfuegos, las primeras plantaciones se fomentaron en el lugar conocido por “Cafetal”, zona de San Blas. Al triunfar la revolución en el año 1959 se inicia la participación estatal en la actividad, con la fundación en Cumanayagua, del establecimiento de acopio de comercialización de café y cacao, supeditado al Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), originándose el centro laboral más conocido hasta nuestros días como “CUBA-CAFE”.

Tras el proceso de institucionalización en 1977 se constituye la Empresa Cafetalera Cumanayagua, organizada en granjas estatales. Como derivación de este proceso se unificaron la actividad industrial, realizada en la Planta de Beneficio “Eladio Machín” y la actividad agrícola. La Empresa Cafetalera tiene su domicilio en el municipio de Cumanayagua, en la provincia de Cienfuegos, ubicada en Calle Napoleón Diego # 265, al este del centro urbano, con salida a Villa Clara, a su alrededor se ubican las áreas de apoyo y dispersas en la montaña las UBAC, El Nicho, San Blas y Gaviña, que son centros de recepción y proceso de beneficio húmedo del café, además una finca de plantas medicinales en el Barrio de Cafetal en la vía de acceso a San Blas.

En 1987 se crea la Empresa Municipal Agropecuaria de Cumanayagua (EMA), trabajando en actividades tanto cafetaleras como no cafetaleras. En 1998 se ejecutó el proceso de redimensionamiento empresarial, según lineamientos superiores, hecho que determinó fuertes cambios estructurales que motivaron, en primer lugar, la separación como empresa independiente de la Procesadora “Eladio Machín” y la creación de Unidades Básicas de Producción Agropecuarias (UBPC), entrega de tierras en usufructos acordes a las resoluciones. Como consecuencia desaparecieron las actividades agrícolas de las granjas estatales, manteniéndose, por interés social de la montaña, la producción pecuaria,

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



fundamentalmente en ganado vacuno, por otra parte controlar la actividad cafetalera desde la etapa agrícola hasta el beneficio primario industrial (despulpe y secado).

A principios del 2009 se reestructura la EMA Eladio Machín y se crea la Empresa Agroindustrial Eladio Machín, producto de un proceso de reordenamiento que abarcó la fusión de la Empresa Agropecuaria Cumanayagua y la Procesadora de Café “Eladio Machín”, con dirección en Calle Napoleón Diego, No. 265 A, Cumanayagua, Cienfuegos y subordinación al GEAM (Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña).

La estructura organizativa de la empresa objeto de estudio se presenta en la **Figura 2.1**.



Figura 2.1: Estructura organizativa de la Empresa Agroindustrial “Eladio Machín”. **Fuente:** Elaboración propia.

El **objeto social** de dicha entidad se muestra en el **Anexo 9**. En la **Tabla 2.1** se presenta la misión por UEB y su visión. Los principales suministradores y clientes se muestran en la **Figura 2.2**.

Tabla 2.1: Misión de las UEB de la Empresa Agroindustrial “Eladio Machín” y su visión. **Fuente:** Empresa Agroindustrial “Eladio Machín”.

UEB	Misión
Beneficio Industrial	Lograr producciones de Café para la exportación y el consumo interno, cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos con miras a satisfacer las necesidades cada vez más crecientes de los clientes, brindándole productos de alta competitividad en el mercado, manteniendo a todos los trabajadores calificados, capacitados y con alta motivación por la labor que realizan para obtener buenos resultados en los objetivos y metas.
Aseguramiento	Lograr producciones y servicios, cumpliendo con los parámetros de calidad establecidos para así garantizar los insumos para el proceso productivo de

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



	las Unidades Empresariales de Base que agrupa la Empresa, las UBPC, CPA, CCS que se vinculan a la misma, así como los recursos para la Construcción y Reparación de viviendas y de otras Instalaciones e inversiones, manteniendo a todos los trabajadores calificados y capacitados.
San Blas y Nicho	Lograr producir y acopiar producciones agropecuarias y comercializar de forma mayorista cumpliendo con los parámetros establecidos de calidad, brindando productos de calidad a los mercados y así obtener buenos resultados en los objetivos y metas de la Empresa.
Visión	
Proceso de mejora continua en el que estamos inmersos, tratando de convertirnos en una Empresa de Alto Desempeño como una forma superior de Perfeccionamiento Empresarial, capaces de distinguirnos por la profesionalidad y competitividad de nuestros especialistas en la actividad Agropecuaria, enfrentando las exigencias de la diversificación de producciones en el Sistema actual de la Agricultura.	

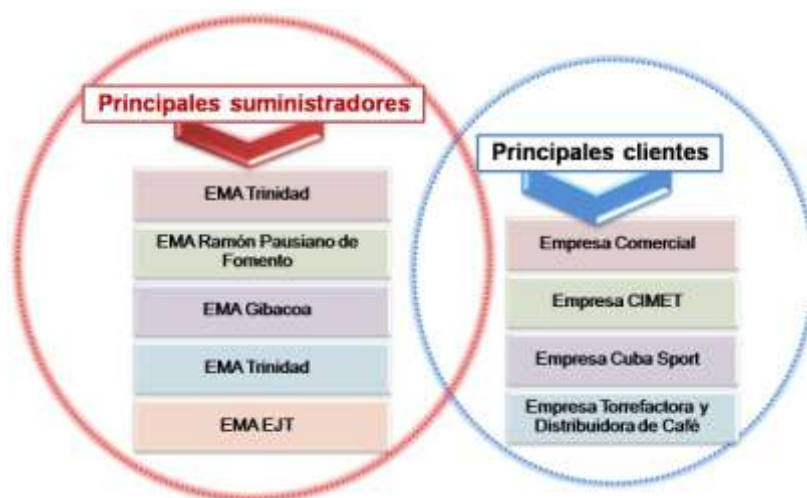


Figura 2.2: Principales suministradores y clientes de la Empresa Agroindustrial “Eladio Machín”. **Fuente:** Empresa Agroindustrial “Eladio Machín”.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



2.2 Antecedentes y características generales de la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de septiembre” de Cienfuegos.

La Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos, se encuentra ubicada en Ave 64 No.5708 entre 57 y 59, en la ciudad de Cienfuegos, provincia de Cienfuegos. Actualmente es la única proveedora de café en esta provincia y es una de las once torrefactoras de café que existían antes del triunfo de la Revolución en 1959.

Fue creada en 1925 y se nombraba “El Águila de Oro”, su dueño era Eugenio Allende y tuvo como socios a los señores Santos e Isaac, ambos de apellido Cimadevilla. Luego del triunfo de la Revolución en el año 1960 se nacionalizó la empresa como Unidad Básica a la Empresa Provincial de la Industria Alimenticia. En mayo del 2000 pasa a ser Torrefactora de Café “5 de septiembre”, perteneciente a la Empresa Comercial Cuba Café del Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM), del Ministerio de la Agricultura.

El 30 de septiembre del 2005 por la Resolución 277 se crea la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café Cienfuegos, con patrimonio propio y personalidad jurídica en virtud a la Resolución 2386 de 24/8/05 del MEP, donde se aprueba el traspaso de la Torrefactora del MINAGRIC al MINAL, subordinándose nacionalmente al Grupo Empresarial Cuba Café. En Mayo del 2011, se aprueba la fusión de las Empresas Torrefactoras y Distribuidoras de Café en forma abreviada Cubacafé, integradas por quince UEB, dentro de ellas la UEB Torrefactora Cienfuegos, aunque ha pasado por varios cambios su equipamiento es el mismo con que se inició la empresa originalmente, por lo que es totalmente obsoleto e implica que la misma presente problemas durante su funcionamiento.

Tiene como **objeto social**:

- ✦ Producir, transportar y comercializar de forma mayorista café torrefaccionado en grano y molido para la canasta básica, consumo social y al sistema del Ministerio de la Industria Alimenticia en pesos cubanos y a otras entidades en pesos cubanos y pesos convertibles.

- ✦ Prestar servicios de instalación, arrendamiento y reparación de cafeteras y molinos, en pesos cubanos y pesos convertibles.

- ✦ Brindar servicios de clasificación y captación de café en pesos cubanos.

- ✦ Comercializar de forma mayorista productos e insumos asociados al servicio del consumo del café, según nomenclatura aprobada por el Ministerio de Comercio Interior, en pesos cubanos y pesos convertibles.

- ✦ Comercializar de forma mayorista productos apícolas envasados, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior, en pesos cubanos y pesos convertibles.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



⇒ Comercializar de forma mayorista vidrios, sacos, plásticos y cartón a las Empresas de la unión de Empresas de Recuperación de Materias primas en pesos cubanos.

⇒ Comercializar de forma mayorista chatarras a las Empresas de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas en pesos cubanos y pesos convertibles. Prestar servicios de transportación de cargas, de acuerdo con las regulaciones establecidas por el Ministerio del Transporte, en pesos cubanos.

⇒ Brindar servicios de alquiler de locales en pesos cubanos.

⇒ Ofrecer servicios de alojamiento no turísticos con alimentación asociada a trabajadores del sistema del Ministerio de la Industria Alimentaria en función de trabajo y a trabajadores de otras entidades asociados a la actividad cafetalera, en pesos cubanos.

⇒ Brindar servicios de transportación de personal a sus trabajadores en pesos cubanos.

⇒ Brindar servicios de comedor, cafetería y recreación con gastronomía asociada a sus trabajadores en peso nacional.

La entidad se traza como **misión** “Garantizar la producción y suministro de café torrefaccionado con destino a la población y a los organismos de la administración central del Estado y venta en divisa a estos últimos que cuenten con financiamiento en esa moneda” y como **visión** “Ser una empresa con un proceso de producción continua, con los trabajadores motivados e idóneos para sus puestos de trabajo, que las entregas de café a la población y organismos se realizan puntualmente y con la calidad requerida para satisfacer las necesidades de los clientes y sus directivos”.

En la Unidad Empresarial de Base se está implantado el Sistema de Perfeccionamiento Empresarial el cual fue aprobado el 4 de Agosto del 2010, su estructura organizativa se presenta en la **Figura 2.3**.



Figura 2.3: Estructura de la empresa “Torrefactora y Distribuidora de café”. **Fuente:** Elaboración Propia.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



La empresa objeto de estudio cuenta con una plantilla aprobada de 46 trabajadores siendo de ellos 30 hombres, desglosados por nivel ocupacional donde el 52% de los trabajadores son obreros, información que se puede observar gráficamente en la **Figura 2.4 y 2.5**.

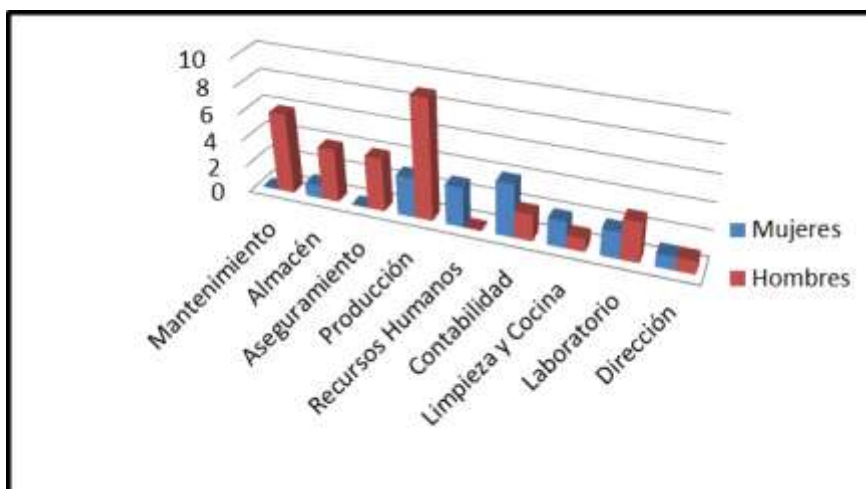


Figura 2.4: Cantidad de trabajadores por área de trabajo de la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

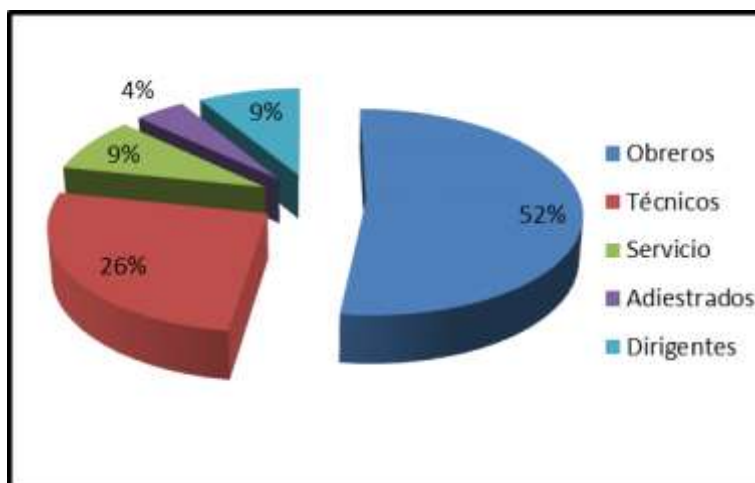


Figura 2.5: Cantidad de trabajadores por categoría ocupacional de la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

La UEB cumple con los planes productivos que se le aprueban por los organismos rectores, abastece todos los municipios de la provincia. Mantiene una cultura de respeto y disciplina al trabajo, conserva un clima laboral adecuado apoyado por una dirección sabia e inteligente. El precio de venta y los tipos de productos que se realizan se muestran la **Tabla 2.2**, donde se puede observar que el producto de café puro es el de mayor precio/unidad siendo su

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



costo en CUC. El mapa general del proceso se muestra en el **Anexo 10** a través del diagrama SIPOC en el que se relacionan proveedores, entradas, salidas y clientes de las operaciones del proceso productivo.

Tabla 2.2: Precio de venta y tipos de productos comercializados en la Empresa. **Fuente:** Empresa Agroindustrial “Eladio Machín”.

Productos	Entidades	Venta MN	Venta CUC	Precio de costo (MN)	Precio de costo (CUC)
Café Mezclado paquetes(115g)	Población	X		0.74 c/paq	
Café Mezclado bolsas(1kg)	Organismos	X		6.67\$/bolsa	
Café Mezclado bolsas(5kg)	Organismos	X		33.35\$/bolsa	
Café Puro(1kg)	Organismos		X	3.29\$/bolsa	1.53 cuc/bolsa
Café Puro(5kg)	Organismos		X	16.45\$/bolsa	7.65 cuc/bolsa

A continuación se describe el proceso de producción de café puro desde el cultivo de las semillas hasta la obtención del producto final, por ser este proceso productivo objeto de estudio y por no haber suficientes datos sobre el chicharo para hacer un estudio del proceso de café mezclado.

2.3 Descripción del proceso de producción de café puro

Para el proceso productivo del café en el vivero se tiene en cuenta la localización del terreno, el cual debe ser en lugares llanos y con una fuente de agua cercana, se crea una capa vegetal de 30 cm. o más y con alto contenido de materia orgánica, se prosigue con la preparación de canteros los cuales tienen medidas de 1.20 m de ancho y deben quedar 5 cm. por encima de los pasillos para facilitar el drenaje de las bolsas en el que se van a plantar. Se sigue con la preparación y llenado de bolsas para posteriormente realizar la siembra de semillas de café en dichas bolsas para obtener las futuras posturas.

Luego se mantienen tapados los canteros por un periodo de 50-60 días hasta el nacimiento del cafeto, preferentemente ésta cubierta se realiza con mariposa o guano, continuando con la siembra de árboles sombreadores como plátanos o higuereta, al mismo tiempo se comienza un riego diario 2 veces al día y la fumigación periódica hasta que la postura esté lista para su siembra. **(Ver Anexo 11)**

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



Paulatinamente con el proceso de vivero se realiza en el campo la selección del terreno donde se sembrarán las posturas los cuales deben ser suelos profundos y de menor pendiente, no deben estar ocupados por gran cantidad de rocas y piedras. Se sigue con la preparación de los suelos (chapea de malezas, eliminación de los árboles más corpulentos, plantar árboles sombreadores y trazar el campo marcando las zonas de siembra); se excavan hoyos con bastante antelación para que en ellos se acumulen y descompongan los restos vegetales.

Con estas condiciones creadas se realiza la siembra de las posturas, se rellenan con materia orgánica y la capa vegetal a su alrededor los hoyos, donde se plantan las mismas. En lo adelante se continuará con la asistencia y mantenimiento del campo donde se realizaran tareas como la fumigación, resiembra, poda sistemática, todo estando incluido en un ciclo hasta que entra en producción la planta. **(Ver Anexo 12)**

Fase productiva: maduración del café, recogida en sus diferentes etapas y el posterior traslado hacia la despulpadora.

Para el proceso de despulpe se comienza con la entrada de las cerezas y pesaje de las mismas, después se define la calidad del café así como el porciento de cerezas verdes y contenido de broca, seguidamente con el vertimiento a la torva de recepción donde se comienza con el beneficio húmedo. Mediante un sistema de canales impulsados por agua, el café es llevado a un sifón, el cual los separa por su peso llevando los de mejor calidad directamente a la máquina despulpadora la cual se encarga de despulpar el café maduro. Terminado el despulpe pasa hacia la zaranda donde la maquina se encarga de separar los granos verdes no despulpados los cuales son llevados a una zona de secado en el cual estarán el tiempo asignado hasta alcanzar niveles permisibles para continuar el proceso. Por otra parte los granos bien despulpados pasan por una torva de recepción para posteriormente ser trasladados a los secaderos naturales. Aquí culmina el beneficio húmedo. En estos secaderos alcanzarán los niveles de escurridos adecuados para continuar el proceso. **(Ver Anexo 13)**

Comenzando en una torva de recepción para iniciar el secado a vapor llevándolo hasta niveles de 13-14 % de humedad el grano, enviándolos por sistemas de tuberías y elevadores al cedazo el cual se va a encargar de eliminar las impurezas que van quedando durante el proceso (paja, palo, piedra, etc.). Este café cumpliendo estos parámetros se lleva hacia la torva de envases donde se envasa, cose y pesa para luego ser trasladado a la empresa donde se culminara el beneficio seco.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



En la aplicación del beneficio seco se realiza la recepción del café pergamino donde se efectúa la prueba de humedad para saber y valorar en que porcentaje de humedad se encuentra. Luego de realizarse esa prueba todo aquel café que se encuentre por encima del 12% de humedad se vierte en una torva de recepción para el secado artificial, donde, mediante un horno a vapor se le da el correspondiente secado hasta alcanzar los estándares de producción. Después de realizado este secado se toma una pequeña muestra y se realiza nuevamente la prueba de humedad para verificar que el grano ha alcanzado los niveles permisibles, luego se pasa al molinado no con el objetivo de triturar el grano sino de deshacerse del llamado pergamino o segunda cáscara pasando al cedazo el cual se va a encargar de eliminar o separar del grano de impurezas provenientes del proceso anterior y posteriormente se le hace una prueba de rendimiento al café obtenido.

De aquí continua a la torva de recepción del equipo clasificador por tamaño el cual va a separar el café según su tamaño y este a su vez sale clasificado según su nombre comercial; la cual mediante sistemas hidráulicos separara todo aquel café de una misma clasificación que no posee el peso establecido y lo enviará por canales distintos a los de menor peso, esto pasa por la máquina selectora o selección óptico electrónico por colores, este equipo se encargará de separar por colores mediante regulaciones del operador todo aquel café ya clasificado. Continuamente se realiza un reproceso para capturar todo aquel grano que queda fuera y que se encuentra en buen estado durante el proceso, contando en el mismo con una selección manual, seguidamente se ejecuta el envase según su nombre comercial y se envía a la Torrefactora. **(Ver Anexo 14)**

La torrefacción es la operación en la cual son formados bajo la acción del calor, los principios aromáticos que no existen previamente, en su mayoría, en la semilla del café. Consiste en calentar los granos a una temperatura que provoque modificaciones fisicoquímicas que hace que de estos se pueda obtener una infusión cuyas cualidades sean satisfactorias.

En el proceso productivo de la Torrefactora se recepciona el café oro, pasa para el almacén de grano sobre parles de madera, se traslada desde el almacén de materias primas hasta el área de pesaje los sacos de café crudo, se vierte el producto al depósito del equipo, el cual es transportado mediante los cangilones que conforman el mismo hasta el depósito de recepción del producto. A continuación empieza el proceso de tostado de café donde, el operario de cada máquina extrae muestras del producto del interior del cilindro constantemente, mediante una sonda o cala, comparando estas con la muestra patrón con el fin de detener la torrefacción en el momento en que los granos hayan alcanzado el color deseado.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



El café tostado es vertido en la cuna de enfriamiento donde se le hace pasar una corriente de aire a temperatura ambiente, el operario tomará una muestra de 30 grs aproximadamente de cada tostada y se realizan distintos de análisis durante un 5 minutos. Luego pasan al sin fín para entrar en el sistema de elevadores de cangilones hasta la despedradora, también conocida como separador de materias extrañas. Los desperdicios encontrados en esta sección son recogidos en envases (sacos); el producto vuelve al sistema de elevadores para su ingreso en el molino grueso regresando una vez más por el elevador hasta el molino fino, continuando el proceso hacia el sinfín, por los elevadores de cangilones hacia la zaranda haciendo pasar a través de una malla de diámetro con orificio de 2 mm el café molido.

El que cumple los requisitos pasa directamente hacia a las máquinas selladoras donde según el peso establecido ($115 \text{ grs} \pm 1,5$) van a envasar y sellar el producto. Cada cierto tiempo se va pesando a través de una balanza los paqueticos de café con el objetivo de ir comprobando el peso que está establecido. Los sobres de café después de sellados y comprobado su peso son envasados en bolsas de nylon de polietileno con capacidad de 60 paqueticos cada una. Las bolsas son estibadas en parles de madera y son trasladadas al almacén mediante carretillas hidráulicas y carretillas manuales. **(Ver Anexo 15)**

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, por ende es necesario realizar un análisis de la situación ambiental de la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos, ya que las principales emisiones atmosféricas en la industria de café son producidas básicamente por combustión de combustible en las tostadoras y por el polvo generado en el proceso de tostado, molienda y tamizado.

2.4 Situación de la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos

El equipamiento con que cuenta actualmente esta empresa es en esencia el mismo con que fue creada, no ha sido modernizado y se encontraba en estado de franco deterioro, sobre todo el sistema de extracción de gases por lo que enfrentaba problemas con el costo de producción asociado al gran consumo de combustible, electricidad y a las pérdidas materiales debido a la ineficiencia de sus equipos. Las principales emisiones del proceso de tostado de café, son de partículas, gases de la combustión de fuel oil, y Compuestos Orgánicos Volátiles, procedentes del tostado del café, también con el impacto socio-ambiental que provocaban las emisiones de humos y material particulado (MP) del proceso. Posteriormente se dará una breve explicación del equipamiento de la empresa.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



En su diseño original, la Torrefactora contaba con 2 tostadores, cada uno equipado con un ventilador y un ciclón (**ver Figura 2.6**), que los técnicos llaman peliculeros. Estos ciclones contaban con una rejilla para la retención de las partículas quemadas de gran tamaño en su salida, que poco a poco se fue deteriorando, hasta su final destrucción. Cada uno de ellos contaba con su chimenea, una un poco más alta que la otra, como puede verse en la **Figura 2.7**.



Figura 2.6: Ciclón colocado en la base de chimenea. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.



Figura 2.7: Chimeneas originales de la Torrefactora de Café de Cienfuegos (vista desde abajo). **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



Posteriormente se añade otro tostador, a los dos previstos en el diseño. Cada tostador contaba con su ventilador. Los tostadores, los ductos por donde circulaba el aire residual del proceso de tostado, los ciclones y la parte superior de las chimeneas, se encontraban en mal estado, con deficiente aislamiento térmico.

Se puede apreciar el elevado grado de deterioro del aislamiento térmico de los mismos, lo que producía pérdida de calor durante el tostado, con la consiguiente elevación del consumo de combustible. (Ver Figura 2.8 y 2.9)



Figura 2.8: Tostadora 1. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.



Figura 2.9: Tostadora 2 y 3. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



La entidad transitaba por una serie de dificultades que no solo llevaban deficiencias a su proceso, sino también al cumplimiento de sus metas y planes, que a su vez tenía una incidencia comunitaria e implicaciones sociales por encontrarse ubicada en un asentamiento urbano al que vierte sus partículas, desechos del proceso, lo que eleva la contaminación del aire que se respira, esto llevó a que las entidades autorizadas en la localidad, provincia y nación en este caso el CITMA, habilitaran un expediente para su control y presentaran los documentos que se encuentran en el **Anexo 16**.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto el CEAC se vio obligado a cerrar la empresa en diciembre del 2009 y la dirección de la Torrefactoría asumió como estrategia, la introducción de principios y métodos de las P+L para la solución de sus problemas, inició un proyecto de modificación de su sistema de extracción de gases, para mejorar la eficiencia económica y el impacto ambiental de sus producciones.

2.4.1 Situación ambiental actual

Los principales cambios llevados a cabo en el sistema de extracción de gases de la Torrefactoría, con incidencia en las emisiones de gases y material particulado al aire, son los siguientes:

- ↻ Reparación y aislamiento térmico de ductos.
- ↻ Sustitución de 3 ventiladores de 2.8 kW/h, por uno.
- ↻ Recolección de los flujos de salida de los tres tostadores hacia un colector, para su salida por chimenea (aún no se han conectado las cunas de enfriamiento).
- ↻ Sustitución de 2 ciclones en mal estado, conectados en paralelo, por un recolector de partículas seco y otro húmedo, colocados en serie.
- ↻ Cambio del material y geometría de la emisión, sustituyendo las 2 chimeneas viejas por una sola completamente distinta y un poco más alta. **(Ver Figura 2.10)**

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes

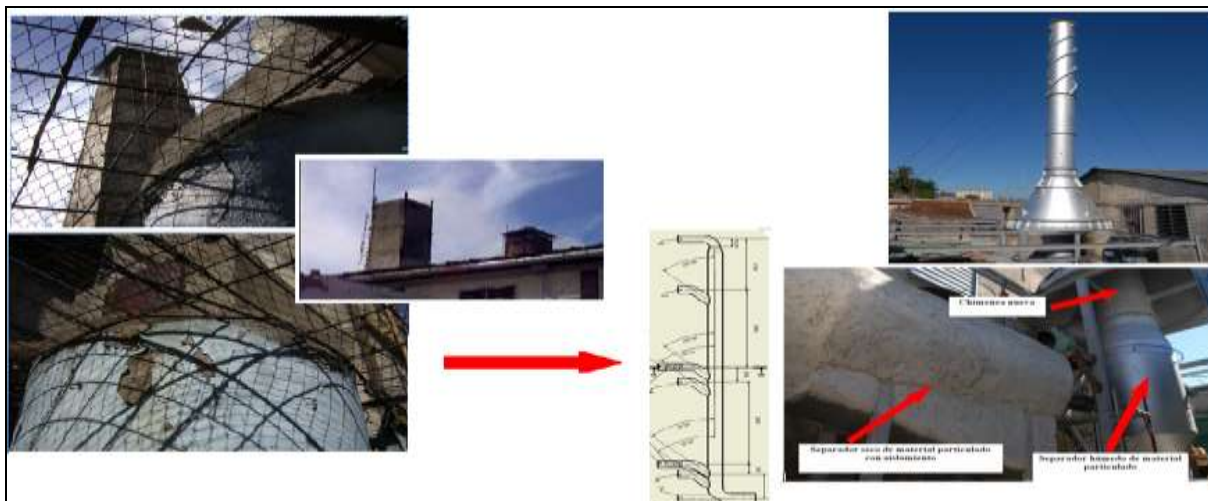


Figura 2.10: Resumen de los cambios al sistema de extracción de gases de la torrefactora.

Fuente: Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.

El colector principal (Ver Figura 2.11)

El colector principal tiene como objetivo la recolección de todos los flujos con emisiones de gas del proceso: despedradora, tostadores y cunas de enfriamiento. Tiene incluidos termómetros que permiten controlar la temperatura del proceso.

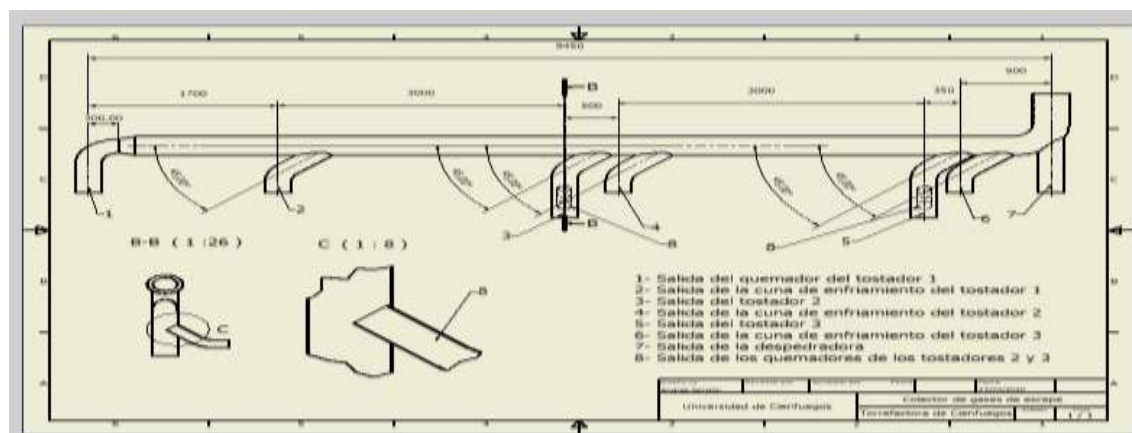


Figura 2.11: Colector principal de gases. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.

El separador de partículas secas

El separador de partículas secas posee un volumen de $12,24 \text{ m}^3$. Posee 6 semiesferas, o compuertas, colocadas una frente a la otra, de forma tal que el flujo se vea obligado a hacer cambios de dirección. El frenado de las partículas, hace que precipiten las de mayor peso hacia la parte inferior del separador, en el que se encuentran hoyitos en la última tercera

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



parte de la sesión del mismo, y 2 embudos para recolectar lo que precipita. En el mismo se mezclan principios dinámicos y gravitatorios.

El separador de partículas húmedo

El separador de partículas húmedo consiste en un tanque de 1300 mm de diámetro, con una entrada en la parte inferior y una salida por reboso del líquido. También ha sido colocado una columna estrecha transparente por su parte lateral para controlar la altura del líquido en el recipiente del separador. El flujo proveniente del separador seco entra por debajo del nivel del líquido. Está prevista su operación para que la entrada quede 3 cm por debajo del agua. Las partículas hidratadas se depositan en el fondo en forma cónica del separador y son evacuadas periódicamente, a través de una llave, hacia un colector inferior. (Ver Figura 2.12)



Figura 2.12: Separador seco y Separador húmedo. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



Cambio de las chimeneas viejas por otra de acero y mayor altura (Figura 2.13)



Figura 2.13: Chimenea actual instalada en la Torrefactora. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.

Después de estos cambios la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos necesita evaluar su situación ambiental actual.

2.4.2 Necesidad de realizar el estudio

Los dispositivos de abatimiento de emisiones instalados se pueden clasificar en:

⇒ El colector seco: un separador por momento.

⇒ El colector húmedo: un lavador con sistema de burbujeo dentro de la columna de líquido, de tipo no reconocido dentro de los tipos comunes de lavadores (este sistema de lavado no se usa, sino el de aspersion de agua a contraflujo de los gases de salida).

El uso del precolector húmedo tiene como ventaja el aumento del peso específico de las partículas, por tanto, la eficiencia de sedimentación por gravedad; así como evita que durante la operación se emitan partículas incendiadas, si se mantiene la vigilancia sobre el nivel de la columna de agua, pues no existe ningún control automático que lo garantice. Sin embargo, este dispositivo tiene una serie de desventajas, que tienen un impacto concreto sobre las emisiones, como son:

⇒ Humedecimiento de las partículas con aumento de su viscosidad y posibilidad de adherencia a las paredes de los conductos y dispositivos.

⇒ Aumento de la corrosividad del sistema por aumento de la adherencia de partículas corrosivas.

⇒ Eventos de alta emisión de partículas al secarse lo adherido en los conductos, en las arrancadas.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



⇒ Dificultades para instalar un quemador de humos corriente de gases abajo por: enfriamiento de la corriente, humedecimiento de las partículas que implicaría un consumo en exceso de combustible.

⇒ Producción de un lodo de partículas con agua que necesita una disposición o tratamiento posterior, constituyendo una etapa adicional del tratamiento de residuales de la Torrefactora.

El uso del separador por momento (al que llaman separador seco), además de una excesiva caída de presión y temperatura en el sistema, tiene una eficiencia reducida para las partículas del tostado del café, dado que su funcionamiento está basado en la cantidad de movimiento y la sedimentación por gravedad, ambos procesos altamente dependientes de la densidad de la partícula. Se espera que la eficiencia de este precolector sea menor del 70%, para partículas de diámetro mayor que 100 micrones, de 10% o menos para las de diámetro menor que 10 micras; pero pudiera ser mucho menor, en dependencia de la velocidad de operación.

Ninguno de los dispositivos instalados contribuye significativamente a la disminución de los gases emitidos por el tostador, por lo que los compuestos orgánicos, que producen molestias por olores no están siendo abatidos como son:

⇒ Compuestos Orgánicos Volátiles: 1,64 Kg/8h.

⇒ Óxidos de Nitrógeno: 0,19 Kg/8h.

⇒ Formaldehído: 0,01 Kg/8h.

⇒ Dióxido de Azufre: (No estimado al no haber factor de emisión para Tostadora).

⇒ Monóxido de Carbono: (No estimado al no haber factor de emisión para Tostadora).

⇒ Dióxido de Carbono: (No se estima por sólo tener interés para el impacto ambiental global como gas de efecto invernadero).

⇒ Emisiones de partículas: 10.68 kg/8h.

Actualmente faltan por conectar al sistema un tostador, las cunas de enfriamiento, la despedradora, entre los más importantes emisores de partículas, que de ser conectados empeorarán la situación ambiental en los alrededores de la Torrefactora y estando desconectado, empeoran la emisión de gases y partículas en el interior de la nave de producción, saliendo al exterior en forma de emisiones difusas por puertas, ventanas y extractores de pared.

El CITMA mediante un estudio seleccionó tres zonas, que son las que reciben el mayor impacto generado por el proceso de torrefacción de café, donde se obtuvo que el área de

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



molestias de gases y partículas es de 1,871 ha, el área de molestias de partículas es de 2,327 ha y la de molestias de gases es de 16.73 ha (**ver Anexo 17**), donde según las respuestas de las personas a las cuales se les realizó la encuesta, relacionan la aparición de síntomas clínicos y enfermedades, con las emisiones que emite de la Torrefactora.

Se evaluaron las concentraciones de gases y partículas en el aire exterior de la nave de la Torrefactora, se realizó por la Norma Cubana 39:99 Calidad del Aire. Requisitos Higiénicos Sanitarios. (**Ver anexo 18**)

Puede decirse que el proceso de torrefacción de café contribuye a provocar efectos en la salud, ya que sus principales emisiones son partículas compuestas por coffechaff (película exterior de la baya de café), la cual es emitida, cuando los granos de café se hinchan durante el proceso de tostado, apagado y enfriado, sobrepasando la Concentración Máxima Admisible instantánea ($500 \mu\text{g}/\text{m}^3$), los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) causan el smog fotoquímico ya que no están siendo abatidos. (**Ver Anexo 19**)

Una vez concluido el proyecto de remodelación del sistema de extracción de gases de la Torrefactora, surge un cambio significativo en las características con incidencia en el impacto ambiental producido por el proceso de Torrefacción de Café. Debido a esto, es necesario evaluar si los resultados del mismo cumplieron con los objetivos propuestos, por lo que mediante el procedimiento de Análisis de Ciclo de Vida se dará respuesta a dicho estudio.

2.5 Metodología a emplear y procedimiento para desarrollar un ACV

Según las NC-14 040:1999 la herramienta del ACV es una técnica para determinar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto, desde la adquisición de materias primas (entradas) hasta su disposición final (salidas), el alcance, las hipótesis, la descripción de la calidad de los datos, las metodologías y los resultados deberían ser transparentes. El ACV debería analizar y documentar las fuentes de datos y debería ser comunicado de forma clara y apropiada, e interpretar los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio e incluye cuatro etapas fundamentales, las cuales se muestran en la **Figura 2.14**.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes

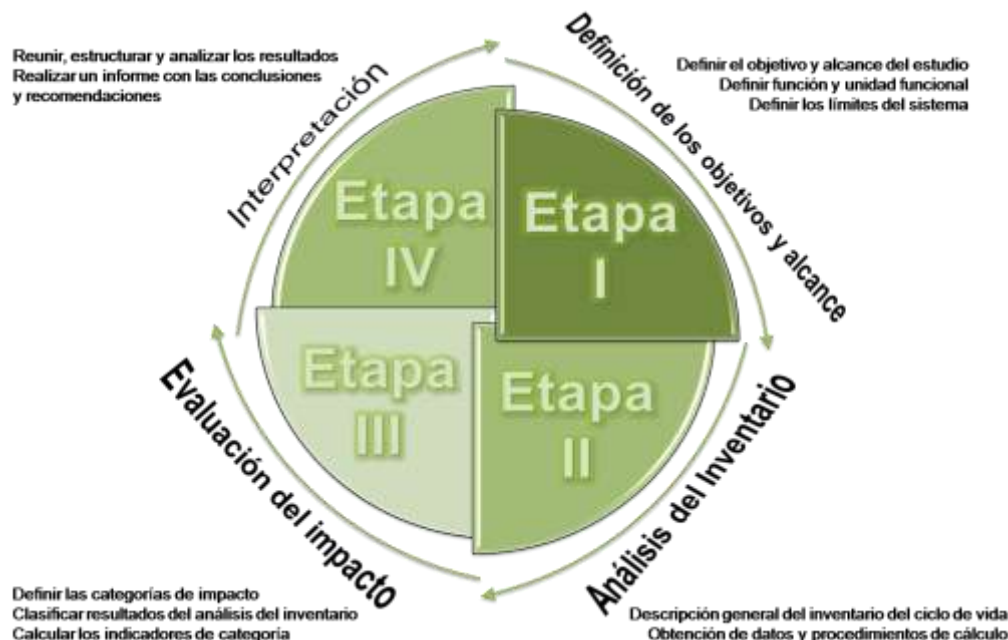


Figura 2.14: Etapas de la Metodología propuesta por la NC-ISO 14 040 para el ACV.
Fuente: NC-ISO 14 040, 1999.

Etapa I: Definición de los objetivos y alcance

El objetivo y alcance de un estudio de ACV deben definirse claramente y ser consistentes con la aplicación que se persigue. Deben definirse claramente los siguientes aspectos en el orden que se plantean:

→ Definir el objetivo del estudio.

El objetivo de un estudio de ACV debe indicar sin imprecisión la aplicación que se persigue, las razones para realizar el estudio y el destinatario a quien se le comunican los resultados del estudio.

→ Definir el alcance del estudio.

Cuando se define el alcance de un estudio de ACV deben ser considerados y descritos claramente los límites del sistema, los procedimientos de asignación, los impactos teniendo en cuenta la metodología que se utiliza para su evaluación y la interpretación de esta, los datos con los que se va a trabajar y los requisitos con que deben contar para que el estudio tenga una base informativa con la menor incertidumbre, la hipótesis planteada para la ejecución del estudio, las limitaciones con que se cuenta para que este se lleve a cabo, el tipo y formato del informe a realizar tratando que este sea lo más detallado y que tenga la compatibilidad y profundidad requerida para alcanzar los objetivos propuestos.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



Un estudio de ACV es, en primer lugar, una técnica iterativa por lo que debe ser modificado durante la ejecución del mismo siempre que se vaya obteniendo 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 por lo que debe ser consistente con el objetivo y alcance del estudio, proporcionar una referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizados los datos de entrada y salida, es decir, cuantificar la cantidad de producto necesario para cumplir la función, la definición de unidad funcional debe ser clara y medible.

→ Definir los límites del sistema.

Los límites del sistema determinan el alcance de la investigación y los procesos unitarios que deben ser incluidos dentro del ACV. En esta etapa deben quedar definidos los límites geográficos, temporales y las etapas que serán excluidas del análisis. Toda decisión de omitir etapas del ciclo de vida, procesos o entradas/salidas debe ser claramente indicada y justificada. Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y limitaciones económicas y el destinatario previsto.

Es útil describir el sistema usando un diagrama de flujo del proceso que muestre el proceso unitario y otras interrelaciones. Se recomienda describir inicialmente cada proceso unitario para definir:

⇒ Dónde comienza el proceso unitario, en términos de recepción de las materias primas o de los productos intermedios.

⇒ La naturaleza de las transformaciones y operaciones que ocurren como parte del proceso unitario.

⇒ Dónde termina el proceso unitario, en términos del destino de los productos intermedios y finales.

Se recomienda describir el sistema con suficiente detalle y claridad para permitir a otro realizador reproducir el inventario.

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. La calidad de los datos especifican en términos generales las características de

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



los datos necesarios para el estudio, si los datos no son tomados de fuentes comprobadas y validadas obligatoriamente nos llevarán a errores y resultados que van a diferir de lo que verdaderamente se requiere como objetivo a alcanzar en el estudio de ACV.

Etapas II: Análisis de Inventario

El análisis del inventario no es más que cuantificar las entradas y salidas de un sistema producto las cuales pueden incluir el uso de recursos y las emisiones al aire, agua y suelo asociadas con el sistema con las cuales se puede interpretar y evaluar el impacto del ciclo de vida del mismo.

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.

→ Obtención de datos y procedimientos de cálculo.

La compilación de los datos exige un conocimiento completo de cada proceso unitario. Hay que hacer 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 mismo. Cada entrada y salida debe ser cuantificada en sus unidades de medidas respectivamente. Los datos compilados de documentos publicados que son significativos deben hacerse referencia a las fuentes.

Mediante un diagrama de flujo se pueden apreciar los flujos del sistema con todas sus entradas y salidas más relevantes por lo que se recomienda describir inicialmente cada proceso unitario para definir:

⇒ Dónde comienza el proceso unitario, en términos de recepción de las materias primas o de los productos intermedios.

⇒ Describir la naturaleza de las transformaciones y operaciones que ocurren como parte del proceso unitario.

⇒ Dónde termina el proceso unitario, en términos del destino de los productos intermedios y finales.

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.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



A continuación se dan algunas consideraciones importantes sobre los procedimientos de cálculo:

⇒ Los procedimientos de asignación son necesarios cuando se trabaja con sistemas que impliquen varios productos (ej. productos múltiples de la refinación de petróleo). Los flujos de materia y energía, así como las emisiones al ambiente asociadas deben asignarse a los diferentes productos de acuerdo con procedimientos claramente establecidos, que deben ser documentados y justificados.

⇒ El cálculo del flujo de energía debería considerar los diferentes combustibles y fuentes de electricidad utilizados, la eficiencia de conversión y distribución del flujo de energía, así como las entradas y salidas asociadas a la generación y uso de dicho flujo de energía.

Se recomienda describir el sistema con suficiente detalle y claridad para permitir a otro realizador reproducir el inventario.

Etapas 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 puede ser usada según la NC ISO 14042:2001 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.

La EICV consta con elementos obligatorios que son descritos por la norma NC-ISO 14042:2001:

- ⇒ 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).
- ⇒ Cálculo de los indicadores de categoría (Caracterización).

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes

Cómo se puede observar en la **Figura 2.15** 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 2.15: Elementos que componen la valoración del impacto del ACV. **Fuente:** NC ISO 14 042: 2001.

→ Definir las categorías de impacto.

Las categorías de impactos son efectos que serán seleccionados y definidos teniendo en cuenta el potencial impacto que pueda generar el sistema o producto en estudio al medio ambiente, se agrupan según parámetros asociados a los flujos de entrada y salida del sistema. Estas categorías, a su vez, tendrán distintos ámbitos de actuación: global, regional o local que pueden traer consecuencias como:

⇒ Efecto global: uno de los mayores problemas que se temperatura en los polos terrestres con deshielo de los glaciares; aumento del nivel de los océanos con pérdida de territorio de algunos países insulares; propagación de enfermedades tropicales a otros países de clima templado; etc.

⇒ Efecto regional: Entre las categorías de efecto regional, se encuentran: la Acidificación y la Eutrofización cuyos impactos medioambientales son originados, principalmente, por las emisiones del SO_2 y NO_x .

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



Acidificación: es la pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera.

Eutroficación: se produce cuando los nutrientes (materia orgánica y mineral) se acumulan en los ecosistemas acuáticos. Este aumento de nutrientes en el agua incrementa el crecimiento de plantas que, debido a su respiración, reducen drásticamente los niveles de oxígeno. Los sedimentos provenientes de las aguas residuales domésticas e industriales favorecen la eutroficación.

⇒ Efecto local: Como ejemplo de las categorías de impactos de efecto local se presenta el mecanismo de impacto desencadenado a través del polvo. Este tipo de contaminante de la atmósfera conduce a una categoría conocida como contaminación del aire por partículas.

Los efectos debidos a las emisiones de partículas sólidas (polvo) al aire resultan perjudiciales para la salud humana y otros seres vivos. A medida que estas partículas se mantienen en suspensión en el aire, y en función de su concentración, al ser respiradas por los seres vivos pueden causar daños irreversibles al sistema respiratorio. Entre las molestias registradas está la “silicosis”, que según informes médicos se producen en el individuo que aspira aire de atmósferas cargadas de partículas que contienen sílice (SiO_2). En los especímenes vegetales estas partículas se depositan sobre las hojas obstruyendo el sistema de respiración de las plantas.

Entre las emisiones que provocan este tipo de impacto se encuentran el polvo, el hollín u otras partículas finas que no captan los filtros y salen por las chimeneas o se originan durante la extracción de recursos.

→ Clasificar resultados del análisis del inventario.

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

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



→ Calcular los indicadores de categoría.

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, miden la magnitud del impacto a través del producto entre la carga ambiental y el factor de caracterización correspondiente en aquella categoría de impacto que se desea o fue escogida para evaluar.

Etapa IV: Interpretación

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. 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 (NC-ISO 14040: 1999).

En tanto es conveniente que la interpretación del ciclo de vida refleje las aplicaciones y limitaciones del estudio de ACV, siendo esto importante para examinar:

- ✦ La selección de categorías de impacto, indicadores de categoría y modelos de caracterización, asignación de resultados del ICV y el cálculo de los resultados del indicador de categoría.
- ✦ Los efectos de las decisiones, suposiciones, etc., sobre los resultados del indicador.
- ✦ Si los resultados de la EICV luego de la evaluación de la calidad indican que hay o no diferencias significativas y si estas diferencias significativas tienen sentido para el medio ambiente.

Capítulo II: Caracterización de la empresa objeto de estudio y análisis para detectar los problemas existentes



Ante esta situación se hace necesaria una metodología de ACV aplicable en países de América Latina, la metodología denominada Eco-Speed, que 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, es un método aplicable en esta región y evita las incertidumbres producidas al aplicar metodologías de países europeos o desarrollados.

2.6 Conclusiones parciales del Capítulo II

1. La Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos, realizó mejoras en su sistema de extracción de gases, presentando problemas, ya que ninguno de los dispositivos instalados contribuye significativamente a la disminución de los gases emitidos por el tostador, los compuestos orgánicos que producen molestias por olores no están siendo abatidos.
2. El objeto de estudio en esta investigación es el proceso de producción de café puro por ser este el de mayor precio/unidad siendo su costo en CUC y por no haber suficientes datos sobre el chicharo para hacer un estudio del proceso de café mezclado.
3. La Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos no cumple con los límites máximos permisibles promedios de concentraciones de partículas, violando así la Legislación Ambiental vigente en el país.
4. El Análisis de Ciclo de Vida utilizando el Eco-Speed permite la determinación del impacto ambiental del proceso de torrefacción de café para luego proponer mejoras ambientales factibles que disminuyan su contaminación.



Capítulo III

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

En el siguiente Capítulo se desarrolla el procedimiento Análisis de Ciclo de Vida, para evaluar el impacto ambiental del ciclo de vida del Café, en las empresas Agroindustrial Eladio Machín y Torrefactora y Distribuidora de Café en Cienfuegos, se proponen mejoras que contribuyan a disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente.

3.1. Etapa 1: Definición de objetivos y alcance

3.1.1. Objetivos del Estudio

Analizar el proceso de las empresas Agroindustrial Eladio Machín y Torrefactora y Distribuidora de Café en Cienfuegos, aplicando el procedimiento de Análisis del Ciclo de Vida, para evaluar el impacto ambiental del proceso de torrefacción de café e identificar, mejoras que sean factibles desde el punto de vista ambiental y técnico, para ello se trazan los objetivos de la presente investigación:

Objetivos Específicos

- ⇒ Realizar una caracterización general y ambiental del proceso de Torrefacción de café en la UEB «5 de Septiembre»
- ⇒ Realizar un inventario de Análisis de ciclo de Vida del proceso de Torrefacción de café objeto de estudio.
- ⇒ Determinar, cuantificar y evaluar los impactos medioambientales derivados en el proceso de torrefacción de café, en la Torrefactora y Distribuidora de Café en Cienfuegos.
- ⇒ Proponer varias alternativas de mejora a través de su evaluación técnica y ambiental.

3.1.2. Alcance del estudio

El alcance del estudio abarca los siguientes aspectos:

Funciones del sistema estudiado:

La producción y suministro de café torrefaccionado con destino a la población y a los organismos de la administración central del Estado.

Unidad funcional

La unidad funcional del sistema analizado se define como la obtención de 1 tonelada de café molido, ya que este va con destino a la población y a los organismos de la administración central del Estado.

Fases para cada proceso unitario:

Fase agrícola, obtención de postura: 16000 posturas.

Fase agrícola, cultivo del café: 7.27 Tn de café cereza.

Fase industrial, aplicación de beneficio húmedo: 1.298 Tn café pergamino.

Fase industrial, aplicación de beneficio seco: 1.273 Tn café oro.

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

Fase industrial, torrefacción del café: 1 Tn café torrefaccionado.

Definición de los límites del sistema

Los límites del sistema consideran la producción de café en las empresas: Agroindustrial Eladio Machín y Torrefactora y Distribuidora de Café en Cienfuegos y los objetivos que se pretenden alcanzar definidos anteriormente.

Límites geográficos

El Análisis de Ciclo de Vida se limita a la producción de café en las empresas: Agroindustrial Eladio Machín y Torrefactora y Distribuidora de Café en Cienfuegos, perteneciente a los municipios de Cumanayagua y Cienfuegos respectivamente.

Límites temporales

El tiempo de análisis incluye el 2012.

Etapas excluidas del análisis

Para este estudio quedan excluidas: las cargas ambientales relativas a la fabricación y mantenimiento de los equipos, las implicaciones de distribución y consumo del producto final (café torrefaccionado).

Calidad de los datos

Los datos recolectados para el estudio se obtuvieron de las siguientes entidades:

Jardín Botánico Provincial de Frutales el Nicho.

Unidad Despulpadora el Nicho.

Unidad Despulpadora Cuatro Vientos.

Unidad Despulpadora San Blas.

Empresa Agroindustrial Eladio Machín. (Planta de Beneficio seco).

Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café Cienfuegos.

Estas instalaciones están vinculadas directamente para cada proceso unitario (obtención de postura, cultivo del café (obtención de café cereza), aplicación de beneficio húmedo (obtención de café pergamino), aplicación de beneficio seco (obtención de café oro), torrefacción del café (obtención de café molido), los datos recolectados constituyen valores representativos para determinar los impactos ambientales del proceso de torrefacción de café.

3.2. Etapa 2: Análisis del inventario

Se consideran a este curso de la metodología todas las entradas y salidas al proceso ya sean materia prima, productos, materiales, energía, que dan origen a los daños que se ocasionan a los suelos, al aire y al agua. Para ello se hace un inventario general a partir del estudio realizado del proceso de torrefacción del café presentado en el capítulo 2, donde se calcularon las necesidades de los distintos procesos para la producción de café torrefaccionado, ver **(Anexo 17)**. Cada uno de estos procesos están enfocados a la obtención de 1 Ton del

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

producto final: café cereza, café pergamino, café oro; además están definidos los límites del sistema según quedaron definidos en la etapa de, definición del alcance del estudio.

3.2.1. Procesar los Datos

Con todos los datos obtenidos de los diferentes sistemas analizados y para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, son incluidos estos en la herramienta de procesamiento de la información SimaPro 7.1, utilizando como método de evaluación de impacto de ciclo de vida el Eco-Speed. Los resultados permitirán evaluar los impactos medioambientales potenciales del sistema- producto estudiado. Del análisis de los mismos podrán ser obtenidas las posibles mejoras a aplicar.

3.3. Etapa 3: Evaluación del impacto

El método **Eco-Speed** presentado por MSc. Berlan Rodríguez junto con la aplicación de técnicas de estimación, es capaz de identificar las categorías de impacto de la producción de 1Tn de café torrefaccionado (Ver Figura 3.1).

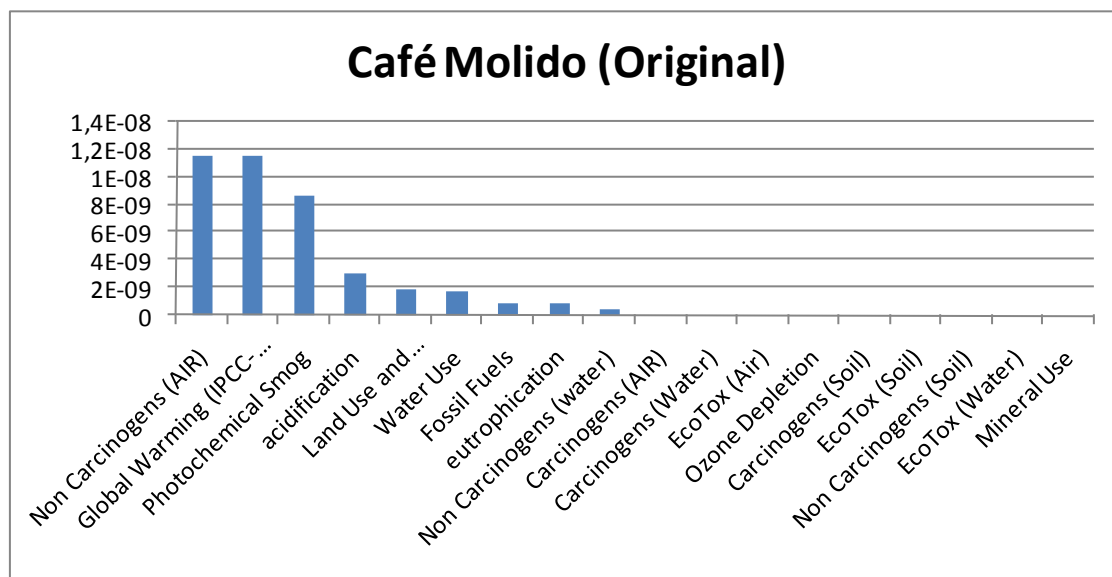


Figura 3.1: Impactos más significativos en el proceso de torrefacción de café en la empresa Torrefactora y Distribuidora de Café en Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.

Se puede observar que las categorías de impacto ambiental que están dentro del 80% son:

☞ **Efectos No Carcinógenos en aire**, debido a que el tostado del café viene acompañado de emisiones de material particulado en forma de coffe chaff. La mayor parte del coffe chaff está compuesta por escamas grandes, que exceden los 10 micrones de diámetro. Los granos verdes de café contienen una amplia variedad de compuestos químicos, en los que se incluyen: proteínas, azúcares, dextrina, celulosa, consecuentemente, productos tóxicos

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

como los aldehídos (como el formaldehído), ácidos orgánicos (como el ácido acético) y acroleína se emiten como resultado del proceso de tostado (Usepa, 1995).

⇒ **Calentamiento Global** causado por el efecto invernadero, fenómeno que se refiere a la absorción por ciertos gases atmosféricos principalmente por H_2O , seguido por CO_2 y CO (Bulletin, 1996).

⇒ **Smog Fotoquímico** producido por emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) que se forma por la reacción entre el nitrógeno del combustible y oxígeno del aire inyectado, de los cuales el 90% en generación térmica son óxido nítrico (NO) que cuando este es descargado a la atmósfera, reacciona con la luz solar y el aire produciendo dióxido de nitrógeno (NO_2), otra causa son las emisiones de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) que pueden ser moléculas orgánicas o hidrocarburos no quemados, se pueden formar durante la combustión (a baja temperatura) o por combustión incompleta, pueden ser naturales (isopreno, pineno y limoneno), artificiales (benceno, tolueno, nitrobenceno), otros como formaldehído, clorobenceno, disolventes como tolueno, xileno, acetona, y percloroetileno (o tetracloroetileno) (SENA 2006).

A partir de las causas enumeradas anteriormente, obtenidas del Análisis de Ciclo de Vida aplicado en la presente investigación, se hace evidente la necesidad de realizar un plan de mejora que permita dar solución a estos problemas.

3.3.1. Etapa 4: Análisis de mejoras

Según los resultados obtenidos, las mejoras deben estar encaminadas a la disminución de las emisiones de partículas sólidas (polvo), emisiones de CO , CO_2 , NO_x y los Compuestos Orgánicos Volátiles, los cuales no están siendo abatidos y son causados por el proceso productivo.

Antes de proponer una solución para disminuir las emisiones de partículas del proceso, se hace necesario calcular la eficiencia de los separadores instalados en la torrefactora, para verificar si estos están cumpliendo con el objetivo propuesto.

3.3.2. Estimación de la eficiencia de los separadores de partículas instalados

La eficiencia se va a calcular teniendo en cuenta la relación de lo que sale con lo que entra a los separadores instalados. El análisis consiste en contabilizar la cantidad de partículas que los separadores, tanto el seco como el húmedo, pudieron eliminar del flujo total de partículas. Hay que tener en cuenta que después del separador seco se encuentra el separador húmedo, que tiene como función eliminar las partículas que el separador seco no pudo eliminar.

Calculando: $Pe = Ps + Ph + Pa$

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

Dónde:

Pe: Flujo de partículas total que entra a los separadores (kg/h).

Ps: Cantidad de partículas dentro del separador seco (kg/h).

Ph: Cantidad de partículas dentro del separador húmedo (kg/h).

Pa: Cantidad de partículas que es expulsado por la chimenea al medio ambiente dado que no fue separado por ninguno de los separadores (kg/h).

Determinando Ps

Este flujo es determinado mediante el peso de las partículas que fue separado por el separador seco entre el tiempo de trabajo.

$$\begin{aligned}\text{Peso} &= 8 \text{ kg} & \text{Ps} &= \text{Peso/Tiempo} \\ \text{Tiempo} &= 8 \text{ h} & \text{Ps} &= 8 \text{ kg}/8 \text{ h} \\ & & \text{Ps} &= 1 \text{ kg/h}\end{aligned}$$

Determinando Ph

Este flujo se determinó igual que el Ps, pero con la característica de que las partículas se encontraban húmedas, dado que el principio de funcionamiento del separador húmedo, es humedecer las partículas para aumentar su densidad y puedan ser separadas con mayor facilidad, por lo que hubo que hacer una prueba de humedad para determinar el peso de las partículas secas. La prueba de humedad consintió en tomar una muestra de las partículas retenidas por el separador húmedo y llevarlas a un laboratorio para determinar la humedad con que salían.

$$\text{Peso en bruto} = 76 \text{ kg}$$

$$\text{La humedad es de } 66.5 \text{ \%}.$$

Si decimos que 76 kg con una humedad de 66.5 % representa el 100 %, entonces con la misma humedad quedan 50.54 kg de agua.

Por lo que el peso seco es igual a:

$$\text{Ps} = 76 - 50.54 = 25.46 \text{ kg}.$$

Entonces

$$\text{Ph} = 25.46 \text{ kg}/8 \text{ h}$$

$$\text{Ph} = 3.18 \text{ kg/h}$$

Determinando Pa

$$\text{Pa} = 10.67 \text{ kg/día} = 1.33 \text{ kg/h}$$

Este dato estaba en poder de la empresa ya que el CITMA, mediante el método utilizado para estimar las emisiones de la tostadora de café de Cienfuegos, lo había calculado anteriormente. El método es el de los factores de emisión, es una herramienta que se usa para estimar las emisiones de un proceso hacia el ambiente. Usualmente, el factor de

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

emisión se expresa como peso de la sustancia emitida, dividido por el peso (o el volumen, o cualquier otra magnitud relacionada con la emisión) de la sustancia emisora, por ejemplo, Kg de Dióxido de Carbono emitidas por toneladas de emulsión quemadas. Para el cálculo de la cantidad de un tipo de sustancia emitida durante una operación, se usa la ecuación:

$$Ekpyi = [A * OpHrs] * EFi * [1-(CEi/100)]$$

Dónde:

Ekpyi = Tasa de emisión del contaminante i, kg/año

A = Tasa de actividad, t/hr

OpHrs = Horas de operación, hr/año

EFi = factor de emisión del contaminante i, bajo condiciones no controladas, kg/t

CEi = Eficiencia de control del contaminante i, %

Para las emisiones del proceso de enfriado y despedrado, constituidas fundamentalmente por coffee chaff de diámetro mayor que 100 micrones, se usa un factor de emisión de 1,4 L/ton de café verde (Usepa, 1995).

$$Pe = 1 \text{ kg/h} + 3.18 \text{ kg/h} + 1.33 \text{ kg/día}$$

$$Pe = 5.51 \text{ kg/h}$$

$$\text{Calculando: } Efs = Ps/Pe * 100\%$$

Dónde:

Efs: Eficiencia del separador seco (%).

$$Efs = 1 \text{ kg/h} / 5.51 \text{ kg/h} * 100 \%$$

$$Efs = 18.1 \%$$

$$\text{Calculando: } Efh = Ph/Pe - Ps * 100 \%$$

Dónde:

Efh: Eficiencia del separador húmedo (%).

$$Efh = 3.18 \text{ kg/h} / 5.51 \text{ kg/h} - 1 \text{ kg/h} * 100 \%$$

$$Efh = 70 \%$$

$$\text{Calculando: } Eft = Pe - Pa/Pe * 100 \%$$

Dónde:

Eft: Eficiencia total de los separadores (%).

$$Eft = 5.51 \text{ kg/h} - 1.33 \text{ kg/h} / 5.51 \text{ kg/h} * 100 \%$$

$$Eft = 75 \%$$

Se puede observar que los separadores instalados están reteniendo aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del total de partículas que entran, y $\frac{1}{4}$ se está emitiendo hacia la atmósfera con un 75 % de eficiencia. El separador seco solo fue capaz de retener 1 kg/h con una eficiencia de

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

solo 18 % mientras que, el separador húmedo retuvo la mayor parte con una eficiencia del 70 %.

Demostrando la baja eficiencia del separador seco, las emisiones a la atmósfera pueden ser reducidas significativamente, a través de modificaciones del proceso o por control de la combustión. Sin embargo, no siempre son suficientes para alcanzar los límites de emisión (cantidades de contaminantes que se emiten por unidad de tiempo o volumen de gas de salida) e inmisión (concentraciones en el aire ambiental) requeridos. Estas emisiones son típicamente controladas con la instalación de una amplia variedad de dispositivos de control de emisiones con eficiencia alta. Por tal motivo se hace necesario proponer mejoras para mitigar los impactos ambientales.

3.3.3. Propuestas de mejoras

Mejora de carácter primario para la torrefacción de café

El separador por momento que está instalado es utilizado para controlar MP de mayor tamaño, principalmente MP de diámetro aerodinámico de más de 10 micras y la mayor parte de la película exterior (coffe chaff) emitido por el proceso de torrefacción de café, exceden los 10 micrones de diámetro. En la **Figura 3.2** se puede ver que la mayor cantidad de partículas es del tamaño tamiz 1mm (1000 micras), este resultado se obtuvo de una pequeña muestra que se le realizó la prueba en tambores, para separar las partículas por tamaño y luego la prueba gravimétrica para saber el peso por tamaño tamiz, en la torrefactora de café.

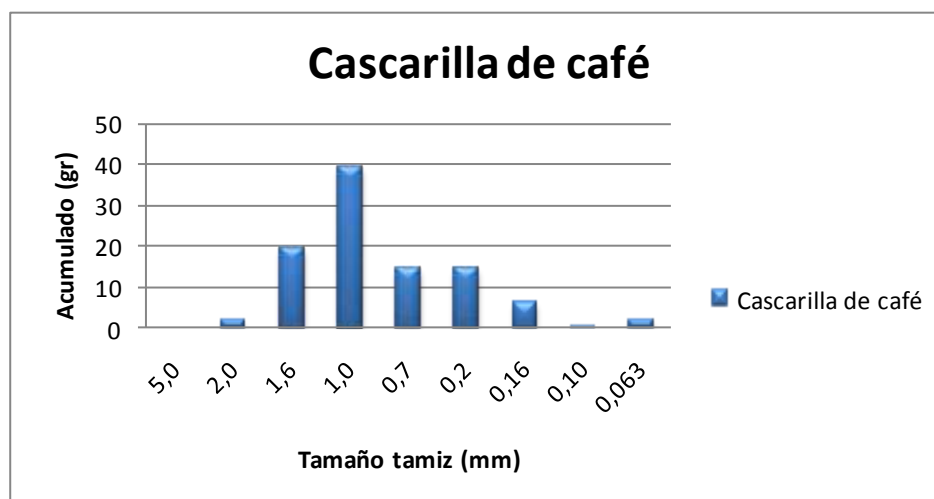


Figura 3.2: Diámetro equivalente de las partículas. **Fuente:** Elaboración propia.

Según (Usepa, 1982; Theodore and Buonicore 1988), los separadores por momento operan forzando un cambio drástico en la dirección del gas contaminado dentro de la cámara de asentamiento por gravedad, por medio del uso de deflectores estratégicamente colocados. Típicamente, el gas fluye primero hacia abajo y es forzado por los deflectores a fluir

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

súbitamente hacia arriba. El momento inercial y la gravedad, actúan hacia abajo sobre las partículas, lo que ocasiona que las partículas más grandes atraviesen las líneas de corriente del gas y se recolecten en la tolva en el fondo de la cámara. La eficiencia de recolección varía en función del tamaño de partícula y del diseño del separador. Generalmente, la eficiencia se aumenta con:

1. Mayor tamaño de partícula y/o densidad.
2. Número de vueltas de deflectores u otros cambios drásticos de dirección del flujo del gas.
3. Mayor velocidad de la corriente del gas.

La caída de presión y los costos de operación correspondientes también aumentarán con la velocidad del gas, por lo tanto se debe escoger la velocidad óptima para balancear la eficiencia y los costos de operación.

Teniendo en cuenta lo anterior, al tamaño de partículas y/o densidad no se puede hacer nada ya que esta es emitida por el propio proceso, en cuanto al separador no admite cambios, porque traería como consecuencia aumentar el tamaño del mismo y no hay suficiente espacio, por otro lado, el aumento de tamaño traería consigo una disminución del caudal de gases y disminuiría la eficiencia del separador.

Por tanto, la solución es aumentar la velocidad de la corriente de gas, cambiando el motor que tiene instalado el separador, cuyo caudal y velocidad de gases de los tres hornos trabajando, se pueden observar en la **Tabla 3.1**, ya que según la eficiencia de recolección para los separadores por momento aumentará a medida que la velocidad del gas aumente.

Tabla 3.1. Resumen del caudal de gases. **Fuente:** Beltrán J. Omar (2012)

	Caudal Q (m ³ /min)	Caudal Q(m ³ /s)	Velocidad del flujo de gases V (m/s)
Horno 1	9,941	0.165	1.71
Horno 2	11,364	0,1894	3.64
Horno 3	11,364	0,1894	6.13
Total	32.669	0.54	6.13

Se puede observar que el caudal de gases actualmente es de 21 m³/min, a una velocidad de 3.64 m/s de solo dos hornos que están funcionando, porque con la puesta en marcha de los tres existentes, provoca atascamiento de gases empeorando el interior de la nave.

Por tanto:

$$Q_1/Q_2 = (N_1/N_2)^2$$

Dónde:

Q₁: Caudal de gases actual del horno uno (180kg) y horno dos (90kg). (m³/s)

Q₂: Caudal de gases con el motor propuesto. (m³/s)

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

N_1 : Velocidad del motor actual. (rpm)

N_2 : Velocidad del motor propuesto. (rpm)

El motor instalado es de 4 polos con una potencia de 3 kW y una velocidad de 1690 rpm, el motor propuesto va a ser de 2 polos que casi duplica la velocidad del rotor.

Entonces va a quedar:

$$Q_1/Q_2 = (N_1/2N_1)^2$$

$$Q_1/Q_2 = (1/2)^2$$

$$Q_2 = Q_1/(1/2)^2$$

$$Q_2 = 4Q_1 \quad Q_2 = 4 * 21 \text{ m}^3/\text{min} \quad Q_2 = 84 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_2 = 84 \text{ m}^3/\text{min}/60 \text{ s/min} \quad Q_2 = 1.4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_1/P_2 = (N_1/N_2)^3$$

Dónde:

P_1 : Potencia del motor actual. (kW)

P_2 : Potencia del motor propuesto. (kW)

$$P_2 = P_1/(1/2)^3$$

$$P_2 = 8P_1 \quad P_2 = 8 * 3 \text{ kW} \quad P_2 = 24 \text{ kW}$$

$$V_a = Q_1/A$$

Dónde:

V_a : Velocidad del caudal de gases actual. (m^3/s)

A: Área de la sección de paso. (m^2)

$$A = \pi * D^2/4 \quad D_{\text{colector}}: \text{Diámetro del colector}$$

$$A = 3.14 * (0.35 \text{ m})^2/4 \quad D_{\text{colector}} = 350 \text{ mm} = 0.35 \text{ m}$$

$$A = 0.0961 \text{ m}^2$$

$$V_a = 0.35 \text{ m}^3/\text{s}/0.0961 \text{ m}^2 \quad V_a = 3.64 \text{ m/s}$$

$$V_f = Q_2/A$$

Dónde:

V_f : Velocidad del caudal de gases cuando se instale el motor propuesto. (m^3/s)

$$V_f = 1.4 \text{ m}^3/\text{s}/0.096 \text{ m}^2 \quad V_f = 14 \text{ m/s}$$

Según la Ley Stokes un separador por inercia a mayor velocidad del caudal de gases mayor cantidad de partículas va a retener.

$$N_s = \rho * D^2 * V/18 * \mu_{\text{gas}} * D_s$$

Donde:

N_s : Fracción capturada

ρ : Densidad de las partículas (kg/m^3)

D: Diámetro de entrada del caudal de flujo (m)

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

V: Velocidad del caudal de flujo con el motor propuesto (m/s)

μ_{gas} : Viscosidad del gas (kg/ms)

D_s : Diámetro de salida del caudal de flujo (m)

$$N_s = 400 \text{ kg/m}^3 * (0.35)^2 * 14 \text{ m/s} / 18 * (1.488 * 10^{-5}) * 0.35 \text{ m}$$

$$N_s = 7.3$$

Para determinar la densidad de las partículas debemos partir de que densidad (δ) es igual a peso/volumen, se tomó una muestra y se procedió a cernirlas para obtener las partículas más finas para que el volumen de vacío y el rango de error fueran los menores posibles. Después se pesó la muestra en una balanza en el laboratorio donde también con una probeta de ensayo determinamos el volumen que ocupaba la muestra.

Resultados obtenidos:

Peso de la muestra 100 gr

Volumen de la muestra 250 cm³

$$\rho = \text{peso/volumen} = 100 \text{ gr} / 250 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 0.4 \text{ gr/cm}^3 = 400 \text{ kg/m}^3$$

Para valores pequeños de N_s existe una gran probabilidad de que la partícula sea barrida alrededor del blanco y en consecuencia una baja eficiencia. Así, para un $N_s=0.8$ la eficiencia es de un 50% **(Ver Figura 3.3)**. Por tanto el motor propuesto va a aportar una mayor eficiencia del separador, ya que va a aumentar la eficiencia alrededor del 90 % disminuyendo los impactos sobre los Efectos No Carcinógenos en aire, Calentamiento Global y Smog Fotoquímico **(Ver Figura 3.4)**.

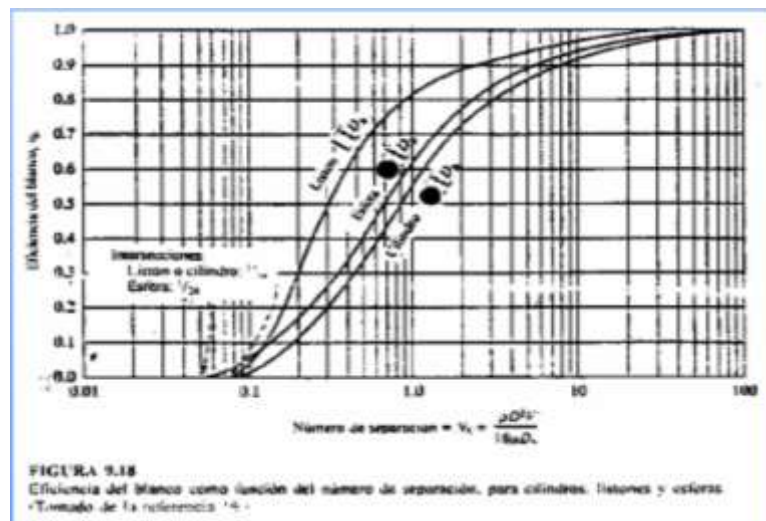


Figura 3.3: Cantidad de % de eficiencia según la cantidad de partículas capturada. **Fuente:** (Usepa, 1982)

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

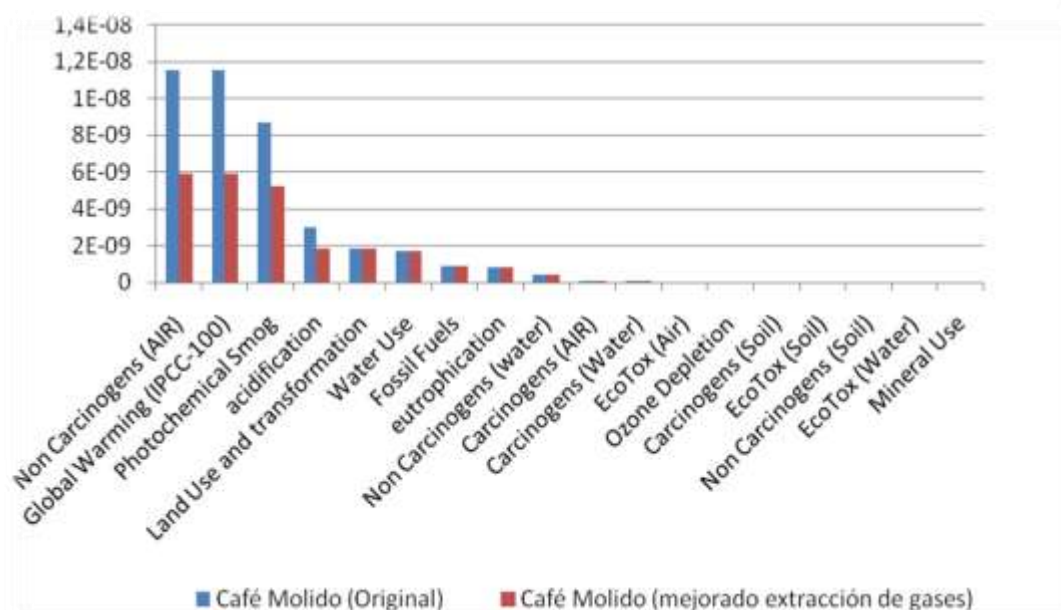


Figura 3.4: Cambios ocurridos mejorando el separador seco. **Fuente:** Elaboración propia.

También se pondría a funcionar el horno que se encuentra interrumpido, ya que el caudal de flujo de los tres hornos funcionando es de 32.669 m³/min y el del motor propuesto es de 84 m³/min, aumentando la capacidad de producción a 5.58 Tn/día de café torrefaccionado, con una diferencia de 1.44 Tn/día (**Ver Tabla 3.2**).

Tabla 3.2: Resultados obtenidos con el cambio de motor. **Fuente:** Elaboración propia con datos recopilados.

	Capacidad (kg)	Capacidad de trabajo kg/8hrs	Capacidad de Producción actual Tn/8hrs	Capacidad de Producción Futura Tn/8hrs	Diferencia en Tn
Horno 1	180	2700	4.14	5.58	1.44
Horno 2	90	1440			
Horno 3	90	1440			

Mejora de carácter secundario para la torrefacción de café.

⇒ Otra propuesta es que la empresa haga un estudio para hacer cambios de tecnología ya que la existente es de 1925, por lo mismo está obsoleta. Actualmente en Cuba, el proceso de tostado de café se lleva a cabo utilizando diesel como portador energético (Medina et al., 2008); sin embargo, es bien conocido que a nivel mundial se usan preferentemente combustibles gaseosos, tales como el gas natural (GLN) y el gas licuado de petróleo (GLP). La utilización de este tipo de combustible además de ventajosa desde el punto de vista

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

energético y mucho más recomendable desde el punto de vista medioambiental, favorece la calidad del producto final. Esto último está determinado por la naturaleza de los gases producidos y los residuos de combustible que pudieran producirse, por ineficiencias de la reacción de combustión, el contenido de impurezas es casi inexistente, por otra parte tienen un poder calorífico alto (**Ver Tabla 3.3**).

Tabla 3.3: Características del diesel y el GLP. **Fuente:** Oficina comercial de Cupet, Refinería de Petróleo.

Tipo de Combustible	Poder calórico kcal/kg	Densidad kg/L
GLP	10,734	0,56
Diesel	10,165	0,85

Según los datos de la Tabla 3.5 se puede obtener la cantidad de kg de GLP que consumiría la empresa si hiciera cambio de combustible, a continuación se realizan los cálculos:

Consumo actual es de: 72 L de diesel x 1Tn de café torrefaccionado

D: Cantidad de kg de diesel para la torrefacción de 1Tn de café. (kg)

$D = 72 \text{ L} * 0.85 \text{ kg/L} = 61.2 \text{ kg de diesel}$

Q: Cantidad de calor que se necesita para torrefaccionar 1 Tn de café. (kcal)

$Q = 10.165 \text{ kcal/kg} * 61.2 \text{ kg}$ $Q = 622 \text{ kcal de diesel}$

GLP: Cantidad de kg de GLP que se necesitaría para la torrefacción de 1Tn de café. (kg)

$GLP = 622 \text{ kcal} / 10.734 \text{ kcal/kg}$ $GLP = 58 \text{ kg de GLP}$

En la **Tabla 3.4** se puede observar que hay una diferencia de 4.291 \$/kg, esto se debe a que el GLP tiene menor costo que el diesel, teniendo como resultado que los Efectos No Carcinógenos en aire, el Smog Fotoquímico y Calentamiento Global disminuirán como se puede observar en la **Figura 3.5**, ya que el contenido de impurezas es casi inexistente.

Tabla 3.4: Precio y gasto de los combustibles. **Fuente:** Elaboración propia.

Combustible	Cantidad de masa consumida (kg)	Precio del combustible (\$/kg)	Gasto (\$/kg)
Diésel	61,2	0,924	56,549
GLP	58	0,9010	52,258

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

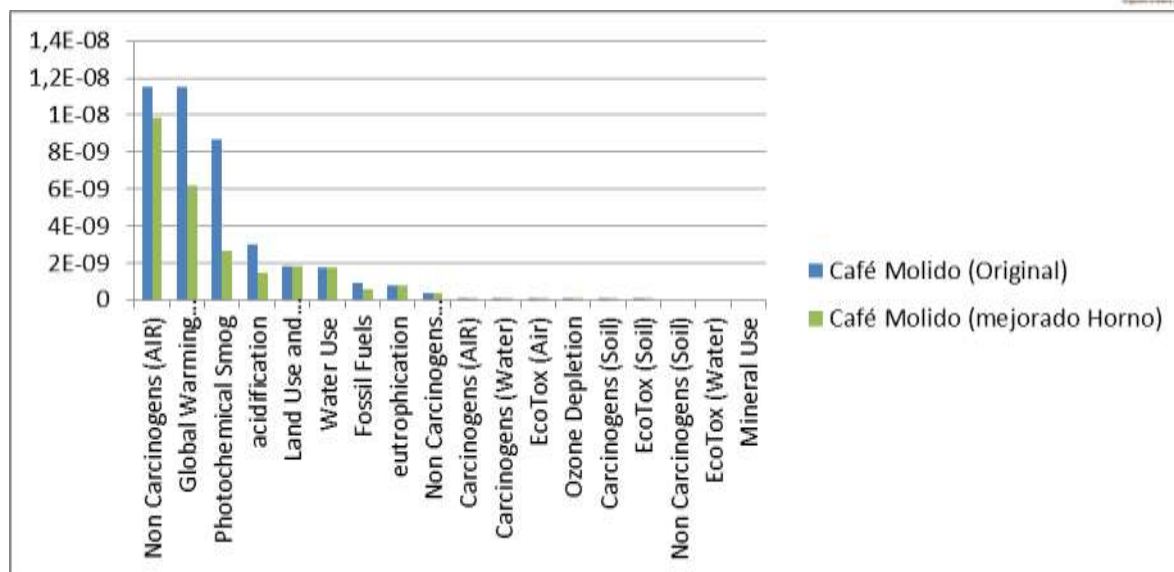


Figura 3.5: Cambios ocurridos mejorando los hornos. **Fuente:** Elaboración propia.

En la **Figura 3.6** se visualiza como la categoría de impacto sobre el aire, suelo y humanos disminuye más cuando, se mejoran los hornos y el sistema de extracción de gases en conjunto y no si se mejora uno u otro, porque la composición de los combustibles gaseosos está prácticamente libre de azufre y sus compuestos. Los productos de su combustión no generan residuos ni hollín como tampoco subproductos peligrosos, y teniendo un sistema de extracción de gases con alta eficiencia se logra alcanzar mejores resultados para con el medio ambiente.

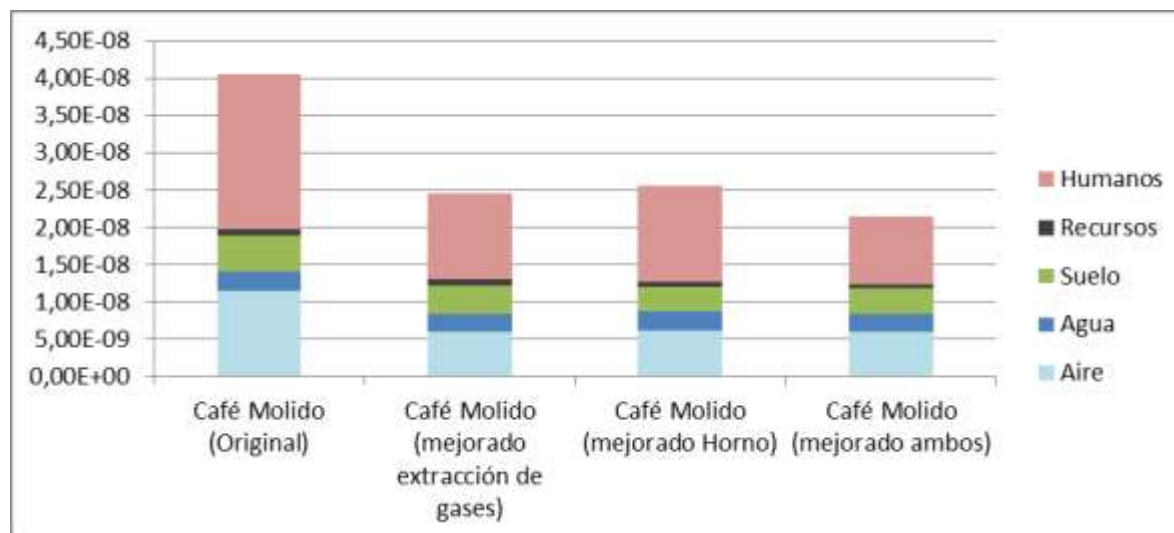


Figura 3.6: Resultados obtenidos de todos los cambios efectuados. **Fuente:** Elaboración propia.

El uso de energías, menos agresivas y menos contaminantes del medio ambiente es el principal tema que se ha venido tratando desde hace ya algún tiempo. En la **Figura 3.7** se

Capítulo III: Resultados de la aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

puede observar que en cuanto a la emisión de gases contaminantes en los productos de combustión, se determinó que hubo mejoría ya que el CO₂ disminuyó; considerado uno de los principales responsables del efecto invernadero. Los resultados son más ventajosos cuando se utiliza GLP como combustible, dicha diferencia es de 32.34 kg de CO₂ y 2.350 kg SO₂ por tonelada de café torrefaccionado.

En el caso de la mayoría de las torrefactoras esto es muy importante, pues se encuentran enclavadas en zonas urbanas residenciales.

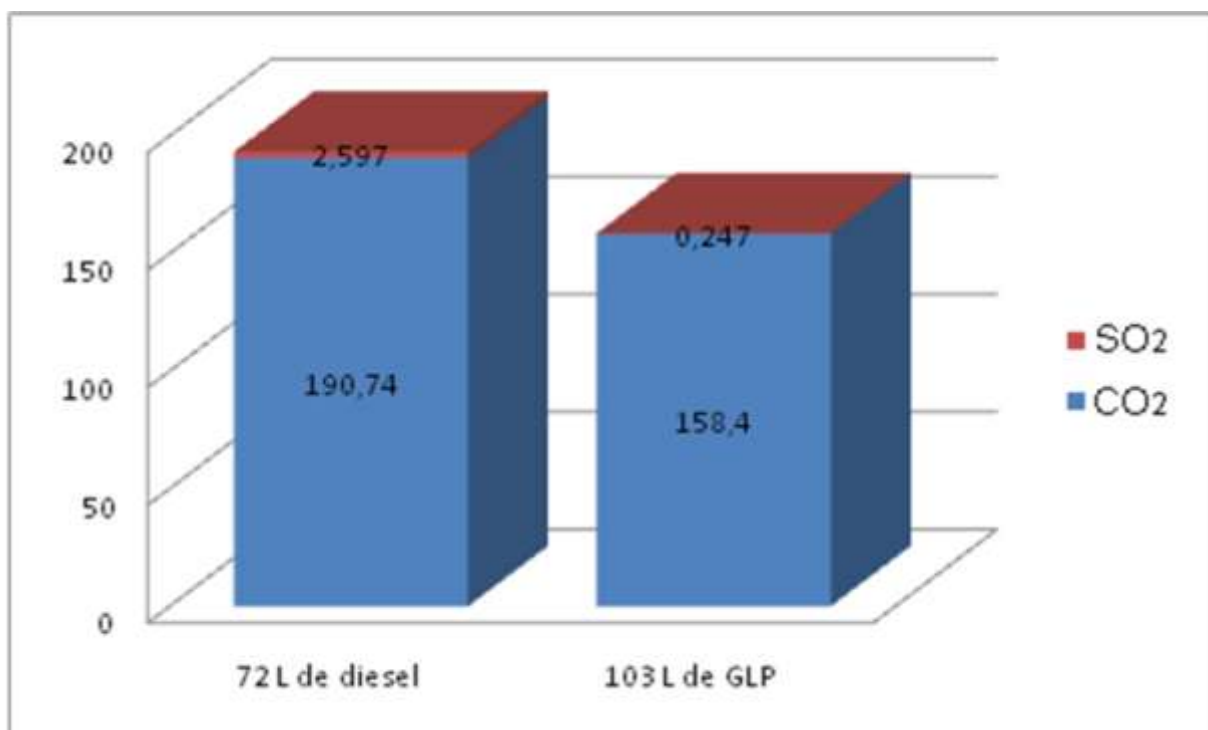


Figura 3.7: Diferencia de las acciones de mejora propuestas con respecto a la situación actual del diesel y el GLP. **Fuente:** Elaboración propia.

En la **Figura 3.8** se aprecia como mejorando el sistema de extracción de gases solamente, el impacto ambiental es de 60.69%, sustituyendo el diesel por GLP es de un 63.23% y modificando ambos a la vez es de un 52.95%. Esto quiere decir que no solo la empresa debe enfocarse en mejorar el sistema de extracción de gases, sino que debe analizar la posibilidad de hacer cambios de tecnología para contribuir a la disminución de las cargas contaminantes hacia la atmósfera.

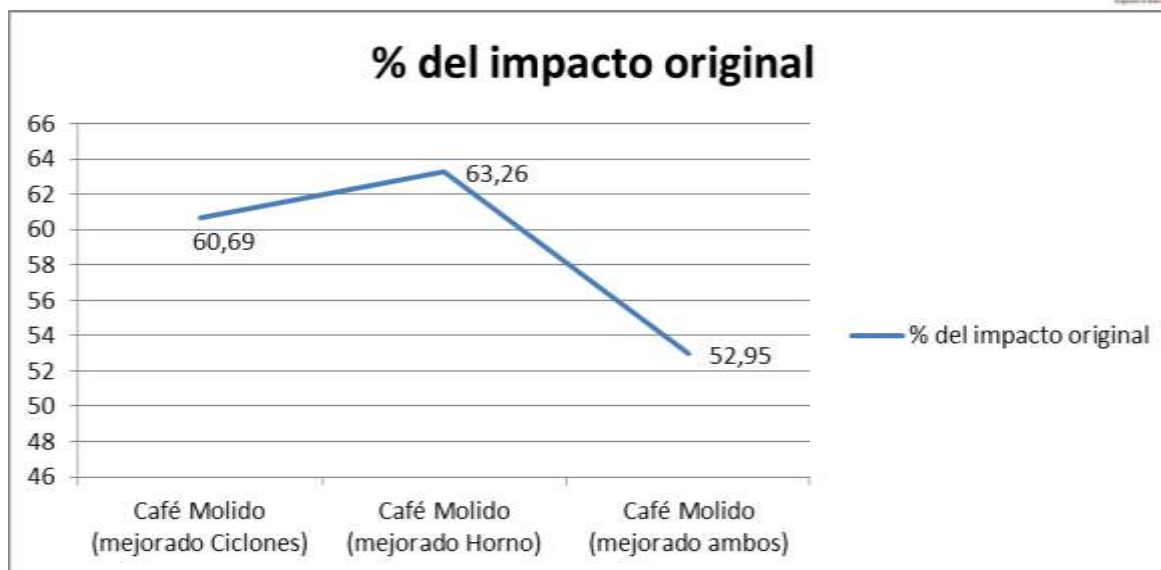


Figura 3.8: Resultados de % de impactos originados con mejoras propuestas. **Fuente:** Elaboración propia.

3.4 Conclusiones parciales del Capítulo III.

1. Se define a partir de la técnica de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) referida en las NC ISO 14 040 con la metodología de evaluación Eco-Speed y con el software SimaPro 7.1 que las categorías de impacto más afectadas son: los Efectos No Carcinógenos en aire, Smog Fotoquímico y calentamiento global.

2. Se aprecia que los separadores instalados están reteniendo aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del total de partículas que entran y $\frac{1}{4}$ se está emitiendo hacia la atmósfera con un 75% de eficiencia; en el caso del separador seco solo fue capaz de retener 1 kg/h con una eficiencia de solo 18% mientras que el separador húmedo retuvo la mayor parte con una eficiencia del 70%.

3. Se propone cambiar el motor que tiene el sistema de extracción para aumentar la eficiencia del separador seco alrededor del 90%, disminuyendo los impactos sobre los Efectos No Carcinógenos en aire, Calentamiento Global y Smog Fotoquímico; y a su vez se puede instalar el horno que se encuentra interrumpido aumentando la capacidad de producción a 5.58 Tn/día de café torrefaccionado, con una diferencia de 1.44 Tn/día con respecto a cómo se encuentra actualmente.

4. Sustituyendo el diesel por GLP hay una diferencia de 4.291 \$/kg, esto se debe a que el GLP tiene menor costo que el diesel, teniendo como resultado una reducción de 32.34 kg de CO₂ y 2.350 kg SO₂ por tonelada de café torrefaccionado.



*Conclusiones
Generales*

Conclusiones Generales

Conclusiones Generales

1. Se realiza la caracterización de los procesos productivos de las empresas Agroindustrial Eladio Machín y Torrefactora y Distribuidora de Café “5 de septiembre” en Cienfuegos, determinando las principales materias primas que se utilizan en el proceso de torrefacción de café y los principales impactos que se producen hacia el medio ambiente.
2. Se define a partir de la técnica de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) referida en las NC ISO 14 040 con la metodología de evaluación Eco-Speed y con el software SimaPro 7.1 que las categorías de impacto más afectadas son: los Efectos No Carcinógenos en aire, Smog Fotoquímico y calentamiento global.
3. Se aprecia que los separadores instalados están reteniendo aproximadamente $\frac{3}{4}$ partes del total de partículas que entran y $\frac{1}{4}$ se está emitiendo hacia la atmósfera con un 75% de eficiencia; en el caso del separador seco solo fue capaz de retener 1 kg/h con una eficiencia de solo 18% mientras que el separador húmedo retuvo la mayor parte con una eficiencia del 70%.
4. Se propone cambiar el motor que tiene el sistema de extracción para aumentar la eficiencia del separador seco a un 90%, disminuyendo los impactos sobre los Efectos No Carcinógenos en aire, Calentamiento Global y Smog Fotoquímico; y a su vez se puede instalar el horno que se encuentra interrumpido aumentando la capacidad de producción a 5.58 Tn/día de café torrefaccionado, con una diferencia de 1.44 Tn/día con respecto a cómo se encuentra actualmente.
5. Sustituyendo el diesel por GLP hay una diferencia de 4.291 \$/kg, esto se debe a que el GLP tiene menor costo que el diesel, teniendo como resultado una reducción de 32.34 kg de CO₂ y 2.350 kg SO₂ por tonelada de café torrefaccionado.



Recomendaciones

Recomendaciones

Recomendaciones

1. Instalar el ventilador propuesto si se quiere lograr aumentar la eficiencia en el proceso de extracción de gases.
2. Realizar cambios de tecnología para la conversión a GLP, con el fin de mitigar los impactos ambientales que se producen a partir del diesel.
3. Aplicar la técnica de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) en los demás procesos productivos de la empresa objeto de estudio y en otras empresas similares del país para proyectar acciones de mejora que conlleven a disminuir la contaminación ambiental y mejorar así la calidad de vida de la población.
4. Continuar desarrollando investigaciones que contribuyan a la gestión ambiental en organizaciones del territorio.
5. Por el nivel de integración que tiene la investigación se recomienda elaborar un caso de estudio para el desarrollo de la docencia en la asignatura Optativa VII: Control de la Contaminación Ambiental impartida en el curso regular diurno de la carrera de Ingeniería Industrial.



Bibliografia

Bibliografía



Bibliografía

- Alfaro, María del Rosario, & Rodríguez, José J. (1994). Impacto ambiental del procesamiento del café en Costa Rica, 18(2):217-225(Agronomía Costarricense).
- Andersson, K, & Ohlsson, T. (1993). Life cycle assessment (LCA) of food products and production system, Part II: LCA and foods, AFR-report 26.
- Antón Vallejo, M. A. (2004). Metodología del análisis del ciclo de vida, en Utilización del Análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. Politécnica de Cataluña. Recuperado a partir de http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0420104-100039/#documents
- Aranda, A. (2006). Ecodiseño y análisis de ciclo de vida. Metodología del Análisis de Ciclo de Vida. Zaragoza.
- Audsley, E. (1997). Harmonisation of environmental life cycle assessment for agriculture. Final Report. European Commission DG VI Agriculture.
- Beltrán J. Omar. (2012). Análisis del proceso de extracción de gases de la Torrefactora de café 5 de Septiembre de Cienfuegos (Tesis de Grado Ingeniería Mecánica). Universidad «Carlos R. Rodríguez», Cienfuegos.
- Bermejo, R. (2000). Acerca de dos Visiones Antagónicas de la Sostenibilidad. Universidad del País Vasco.
- Borrero, Estebán. (1890). El café. Apunte para una monografía. O'Relly.
- Carvalho Filho, A. . (2001). Análisis del ciclo de vida de productos derivados del cemento—Aportaciones al análisis de los inventarios del ciclo de vida del cemento (doctoral). Politécnica De Cataluña.
- 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.
- Cruz García, A. (2012). Evaluación del impacto ambiental de la glucosa ácida producida en la Unidad Empresarial de Base Glucosa de Cienfuegos. Carlos Rafael Rodríguez.
- Cuellar Piloto, Aíran Guillermo. (2012). Comparación del Impacto Ambiental de dos alternativas de producción de energía en la Termoeléctrica de Cienfuegos (Tesis de Grado Ingeniería Industrial). Universidad «Carlos R. Rodríguez», Cienfuegos.
- Chacón Vargas, J. R. (2008). Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Escuela Colombiana de Ingeniería, (72), 37-70.
- Delgado, Carlos. (1997). El libro del café. Madrid: Alianza Editorial, Luján, Néstor.

Bibliografía

- Díaz, R. (2004). Comparación de tres cadenas agroalimentarias en Costa Rica: El café, el queso y los mini-vegetales, en Romero, C. y Pelupessy, W. Cochabamba, Bolivia.
- Domínguez, E. R., & Mireya, G. (2008). Modelación avanzada de Análisis de ciclo de vida. Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.
- Edward, E. (1996). Sustainable Development and Management”, Ecological Economics and Sustainable Development: Theory, Methods and Applications. Reino Unido.
- Fernández Latorre, F. (2006). Indicadores de sostenibilidad y medio ambiente. Métodos y escala.
- Fernández, Leida. (2005). Cuba agrícola: mito y tradición, 1878-1920. Colección de Tierra Nueva. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Gonçalves, A. J. (2004). El análisis de ciclo de vida y su aplicación a la arquitectura y al urbanismo, trabajo desarrollado en la asignatura Por una ciudad más sostenible.
- ISO 14001. (2004). Sistemas de Gestión Ambiental.
- Jiménez Herrero, L. M. (2001). Desarrollo Sostenible y Economía Ecológica.
- León Rodríguez, R. (2012). Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la producción de cemento. Carlos Rafael Rodríguez.
- Martínez, E. (2003). Revista Trimestral Latinoamericana y Caribeña de Desarrollo Sustentable.
- Mattsson, B. (1999). Environmental life cycle assessment (LCA) of agricultural food production.
- Medina, Bárbaro Fidel, Herrera-Moya, Idalberto, Morales-Rodríguez, Dimiter, Domínguez-Rodríguez, Liudmila, & Bermúdez-Martín, Magalis. (2008). Estudio integral de gestión energética ambiental en la Empresa Torrefactora de Café de Santa Clara. Presented at the V Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica (COMEC). Simposio de Termoenergética Industrial, Energía Renovable y Medio Ambiente, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
- Miravet-Sánchez, Bárbara L., Campos, Mario, Jaimez, Efrén, Guerra, Mario, Rocamora, Ernesto, Olivera, Jorge, Leal, Rosa M., et al. (2004). Evaluación ambiental del Municipio Plaza de la Revolución. Presented at the Geoinfo' 2004, VII Taller Internacional «Informática y Geociencias», La Habana, Cuba.
- Monroy, N., Ramos, J, Saer, A., & Saer, B. (2008). Introducción a la Producción Más Limpia. La Producción Más Limpia (PML).
- Moya, G. (2010). Análisis del Ciclo de Vida (ACV) para la mejora de la producción de harina de trigo. Carlos Rafael Rodríguez.

Bibliografía

- NC ISO 14 040. (1999). Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y Estructura. Oficina Nacional de Normalización.
- NC-ISO 14041. (2000). Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Definición del objetivo y alcance y Análisis del inventario. Oficina Nacional de Normalización.
- NC-ISO 14042. (2001). Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida. Oficina Nacional de Normalización.
- NC-ISO 14043. (2001). Gestión ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Interpretación del ciclo de vida. Oficina Nacional de Normalización.
- Nonhebel, S. (2004). On resource use in food production systems: the value of flumes to assess rest-stream up grading system (Vols. 1-48, Vol. Ecological Economics).
- Oxford University Press. (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland).
- Riechman, J., & Fernandez, B. (1995). Redes que dan libertad. Barcelona.
- Rodríguez, F. (2012). Análisis del ciclo de vida de la generación distribuida de energía eléctrica en la Empresa Eléctrica Cienfuegos. Carlos Rafael Rodríguez.
- Romero, B. I. (2004). El Análisis de Ciclo de Vida y la gestión Ambiental. Recuperado Mayo 26, 2013, a partir de www.iie.org.mx/boletin032003/tend.pdf
- Romero, F. (2004). Inventario de las Principales Tecnologías Constructivas de Reciente Introducción para el Programa de Turismo en Cuba. ISPJAE.
- Sena, Aene. (1996). Guía Ambiental para Termoeléctricas y Procesos de Cogeneración parte aire y ruido. Bulletin of the American Meteorological Society, Consultoría Ambiental, Ministerio del Medio Ambiente.
- SETAC. (1993). Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment Society of Environmental Toxicology and Chemistry.
- SETAC. (1999). Life Cycle Assessment and Conceptually Related Programmes (pág. 28). Society for Environmental Toxicology and Chemistry.
- Sierra Torres, Guillermo. (2007). Productores de Café. Etnohistoria de la actividad cafetalera en Contramaestre (Santiago, 1926-1956). Revista cubana de antropología sociocultural, Universidad de Oriente; Santiago de Cuba.
- Stolcke, Verena. (1995). The labours of coffee in Latin America: The Hidden Charm of family labour and self-provisioning. Coffee, Society and Power in Latin America, Baltimore, The Hopkins University Press.
- Suppen, N. (2007). Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño.

Bibliografía

- Theodore, L., & Buonicore, A. J. (1988). Air Pollution Control Equipment (Vol. Volume II: Gases). CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Trama, L., & Troiano, J. C. (2001). Análisis del ciclo de vida según las normas de la subserie IRAM-ISO 14040.
- Trujillo, M., & Julián, E. (2007). Sistemas de Aseguramiento Ambiental-La-importancia de su aplicabilidad al contexto-forestal colombiano. [critica.cl/opini3n/norma-ntc—iso-14001-04](http://critica.cl/opinion/norma-ntc—iso-14001-04). 2007.
- Usepa. (1982). Control Techniques for Particulate Emissions from Stationary Sources (Vol. 1). Presented at the Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Triangle Park, North Carolina, U.S.
- Usepa. (1995). Chapter 9: Food and Agricultural Industries (Vol. Coffee Roasting). Presented at the Coffee Roasting, U.S.



Anexos

Anexos

Anexo 1: Antecedentes del Desarrollo sostenible. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información recopilada.

1949	Farfield Osborn (presidente de la Sociedad Zoológica de Nueva York)	Anunciaba la inmensidad del riesgo creado por la misma humanidad.
1962	Rach Carson (Silentspring)	Denunciaba el efecto de los agroquímicos en la extinción de las aves, selló la alianza entre el movimiento ambiental naciente y los científicos radicales.
1966	Barry Commoner (biólogo norteamericano y ecologista)	Lanzó la "ciencia crítica" en Science and Survival, obra en la que llamaba la atención sobre los riesgos del complejo técnico científico y denunciaba lo que entendía como orientación biosida de la civilización industrial.
1966	Kenneth E. Boulding (economista)	Publica "The economics for the Corning Space ship Earth", donde propone sustituir la economía actual de cowboy por una economía de recinto cerrado, adecuada al "Navío espacial Tierra" que dispone de recursos limitados, y de espacios finitos para la contaminación y el vertido de desechos.
1968	Pául Ehrhch	Publica The population bomb, obra fundamental para la vertiente neomalthusiana del ambientalismo contemporáneo.
1969	Informe Resources and Man	Donde la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos llamaba dramáticamente la atención sobre el agotamiento de los recursos y la explosión demográfica.
1970	Paul y Aune Ehrhch	Publican Population, Resources and Environment, que insiste en plantear el crecimiento demográfico como clave de la crisis ambiental.
1971	Barry Commoner	Publica The Closing Circle que plantea los efectos de la industrialización y la tecnología en la crisis ambiental y la calidad de vida humana.

Anexos



1972	E. Goldsmith, R.-Mien, M. Allaby, J. Davoll y S. Lawrence	Publican El manifiesto para la supervivencia, que recibió 37 adhesiones de conocidos biólogos, zoólogos, bacteriólogos, geógrafos, genetistas y economistas del Reino Unido, incluyendo dos premios Nobel. Presenta un amplio conjunto de pruebas concatenadas sobre los graves problemas ecológicos y concluye que el mundo no puede hacer frente al incremento continuo de la demanda ecológica.
1972	Primer Informe al Club de Roma (elaborado por un equipo de científicos del Instituto Tecnológico de Massachussets, Estados Unidos)	Llamado The limit to Growth, que sustenta la propuesta del crecimiento cero y es considerado el documento más influyente para establecer la alarma ambiental contemporánea.
1972	Conferencia sobre Medio Humano de las Naciones Unidas (Estocolmo)	Primera vez a nivel mundial se manifiesta la preocupación por la problemática ambiental, se afirma y reconoce oficialmente el proceso de deterioro medioambiental en un contexto global, asumiendo que “el mundo es un solo”.
1972	Informe Meadows “Los límites del crecimiento”	Encargado por el Club de Roma, alerta de la necesidad de un cambio en los modelos vigentes de desarrollo, sostiene que el crecimiento infinito es imposible porque los recursos naturales son finitos.
1980	Informe Global 2000	Presidente de los Estados Unidos Jimmy Carter, presenta diagnóstico de causas del deterioro global, establece, si el nivel de vida de los países ricos se reprodujera en todo el planeta, el medioambiente no lo soportaría. Concluye que la biodiversidad es un factor crítico por la extinción de especies.
1981	Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN)	La Unión Mundial para la Naturaleza identifica los principales elementos en la destrucción del hábitat: pobreza, presión poblacional, inequidad social y términos de intercambio del comercio.

Anexos



1981	World Conservation Strategy of the International Union for the Conservation of Nature	Se introduce por primera vez la idea de desarrollo sustentable.
1982	Carta Mundial de la ONU para la Naturaleza	Adopta el principio de respeto a toda forma de vida, llama a un entendimiento entre la dependencia humana de los recursos naturales y el control de su explotación.
1982	Creación del Instituto de Recursos Mundiales (WRI)	Se crea en EEUU y su misión es encauzar a la sociedad humana, hacia formas de vida que protejan el medio ambiente de la Tierra.
1984	Primera reunión de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo	Creada por la Asamblea General de la ONU en 1983, se reúne por primera vez para establecer una “agenda global para el cambio”.
1987	Informe Brundtland "Nuestro Futuro Común"	Elaborado por la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el que, por primera vez, se formaliza el concepto de desarrollo sostenible.
1992	Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo (“Cumbre de la Tierra”, Río de Janeiro)	Se alcanzan acuerdos sobre Agenda 21, el Convenio sobre el Cambio Climático, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Declaración de Río y la Declaración de Principios Relativos a los Bosques.
2000	Declaración del Milenio	189 países suscriben y fijan las metas, se aceptan 8 objetivos para el año 2015, específicamente la meta 7 incluye integrar los principios de desarrollo sustentable en las políticas públicas de los países para revertir la pérdida de recursos naturales.

Anexos



2002	Conferencia Mundial sobre Desarrollo Sostenible.	Se emite una declaración cuyo primer párrafo señala: “Nosotros, los representantes de los pueblos del mundo, reunidos en la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sustentable en Johannesburgo (Sudáfrica) del 2 al 4 de septiembre de 2002 reafirmamos nuestro compromiso en pos del desarrollo sustentable.”
2004	Wangari Maathai recibe el Premio Nobel de la Paz	Por su contribución al desarrollo sustentable a la democracia y a la paz, en su discurso al recibir el galardón manifestó “Reconocer que el desarrollo Sustentable, la democracia y la paz son indivisibles es una idea a la que le ha llegado su tiempo”.
2007	Recibe Premio Nobel de la Paz el Panel intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) y al ex candidato presidencial de Estados Unidos Al Gore	Por generar y difundir más conocimiento sobre el cambio climático producido por el hombre, por establecer medidas para contrarrestar ese cambio.”
2012	Líderes mundiales se reunirán de nuevo en Río de Janeiro	Asegurar compromiso político renovado con el desarrollo sostenible. Evaluar progreso de aplicación deficiente en el cumplimiento de los compromisos ya acordados. Abordar los desafíos nuevos y emergentes. La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, o Cumbre de la Tierra de Río 20, se centrará en dos temas: → Economía verde en el contexto del desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza → El marco institucional para el desarrollo sostenible

Anexos

Anexo 2: Puntos de vista teóricos sobre el desarrollo sostenible. **Fuente:** (Berg and Jeroen 1996).

Teoría	Caracterización del desarrollo sostenible
Neoclásica-equilibrio	Bienestar no decreciente (antropocéntrico); crecimiento sostenible basado en tecnología y sustitución; optimiza las externalidades ambientales; mantiene el acervo agregado de capital natural y económico; los objetivos individuales prevalecen sobre las metas sociales; la política se aplica cuando los objetivos individuales entran en conflicto; la política de largo plazo se basa en soluciones de mercado.
Neoaustriaca - temporal	Secuencia teleológica de adaptación consciente y orientada al logro de las metas; previene los patrones irreversibles; mantiene el nivel de organización del sistema económico; optimiza los procesos temporales dinámicos de extracción, producción, consumo, reciclaje y tratamiento de desechos.
Ecológico - Evolutiva	Mantiene la resiliencia de los sistemas naturales, contemplando márgenes para fluctuaciones y ciclos de destrucción periódica; aprende de la incertidumbre de los procesos naturales; no dominio de las cadenas evolutivas alimentarias por los seres humanos; fomento de la diversidad genética/biótica/ecosistémica; flujo equilibrado de nutrientes en los ecosistemas.
Tecnológico - Evolutiva	Mantiene la capacidad de adaptación evolutiva en términos de conocimientos y tecnología para reaccionar a la incertidumbre; fomenta la diversidad económica de actores, sectores y tecnologías.
Físico - económica	Restringe los flujos de materiales y energía hacia y desde la economía; metabolismo industrial basado en política de cadena materiales-producto: integración de tratamiento de desechos, mitigación, reciclado, y desarrollo de productos.
Biofísico - energética	Estado estacionario con transflujo de materiales y energía mínimo; mantiene el acervo físico y biológico y la biodiversidad; transición a sistemas energéticos que producen un mínimo de efectos contaminantes.
Sistémico – ecológica	Control de los efectos humanos directos e indirectos sobre los ecosistemas; equilibrio entre los insumos y productos materiales de los sistemas ecológica humanos; minimización de los factores de perturbación de los

Anexos

	ecosistemas, tanto locales como globales.
Ingeniería – ecológica	Integración de las ventajas humanas y de la calidad y funciones ambientales mediante el manejo de los ecosistemas; diseño y mejoramiento de las soluciones ingenieriles en la frontera entre la economía, la tecnología y los ecosistemas; aprovechamiento de la resiliencia, la auto-organización, la autorregulación y las funciones de los sistemas naturales para fines humanos.
Ecología humana	Permanencia dentro de la capacidad de carga; escala limitada de la economía y la población; consumo orientado a la satisfacción de las necesidades básicas; ocupación de un lugar modesto en la red alimentaria del ecosistema y la biosfera; tiene siempre en cuenta los efectos multiplicadores de la acción humana en el tiempo y el espacio.
Socio – biológica	Conservación del sistema cultural y social de interacciones con los ecosistemas; respeto por la naturaleza integrado en la cultura; importancia de la supervivencia del grupo.
Histórico - institucional	Igual atención a los intereses de la naturaleza, los sectores y las generaciones futuras; integración de los arreglos institucionales en las políticas económicas y ambientales; creación de apoyo institucional de institucional de largo plazo a los intereses de la naturaleza; soluciones holísticas y no parciales, basadas en una jerarquía de valores.
Etico – utópico	Nuevos sistemas individuales de valor (respeto por la naturaleza y las generaciones futuras, satisfacción de las necesidades básicas) y nuevos objetivos sociales; atención equilibrada a la eficiencia, distribución y escala; fomento de actividades en pequeña escala utópica y control de los efectos secundarios (“lo pequeño es hermoso”); política de largo plazo basada en valores cambiantes y estimulante del comportamiento ciudadano (altruista) en contraposición al comportamiento individualista (egoísta).

Anexos

Anexo 3: Tipos de Indicadores. **Fuente:** Elaboración propia.

Enfoques	Indicadores
Medioambiental	Bioindicadores y geoindicadores Índice del planeta vivo (LPI) Apropiación humana de la producción primaria neta Indicadores de desempeño o comportamiento ambiental Indicadores ambientales para proyectos
Social	Indicador de libertades de Charles Humana Índice de libertad humana Indicadores de calidad institucional Índice de percepción de la corrupción Índice de calidad burocrática Indicadores de salud comunitaria
Económico	Producto Interior Bruto (PIB) Índice de precios al consumo Población por debajo del nivel de pobreza
Socio-Ambiental	Huella Ecológica Huella Hídrica
Económico-Ambiental	Indicadores de contabilidad ambiental “Mochila Ecológica” o MIPS (Material Intensity per UnitService) Análisis de ciclo de vida
Socio-Económico	Índice de Gini Índice de pobreza humana Índice de Desarrollo Humano Indicadores de riesgo político
Socio-Económico-Ambiental	Indicadores de calidad de vida Índice de Desarrollo Humano sensible a la Contaminación (ID HM) Capital total per cápita Ahorro Genuino PIB verde Índice de bienestar económico sostenible (IBES) Índice de sostenibilidad ambiental Índice de Desarrollo Urbano

Anexos



Anexo 4: Aspectos generales de las herramientas para la gestión ambiental. **Fuente:** (Carvalho Filho, 2001).

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

Anexos



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

Anexos

Anexo 5: Principales definiciones de ACV. **Fuente:** Elaboración propia a partir de información recopilada.

Autores, Instituciones	Definiciones
Society of Environmental Ecotoxicology and Chemistry (SETAC)(1993)	Procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad, incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final.
NC ISO 14 040, 1999	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.
Cardim de Carvalho Filho, A., 2001	Herramienta de gestión ambiental que identifica tanto a los recursos usados como a los residuos que se generan y se emiten a los compartimientos ambientales (aire, agua y suelo) a lo largo de todo el ciclo de vida de un bien o un servicio específico. Permitiendo tener una visión general del proceso y eliminando la suboptimización en caso de solo enfocarse en procesos o unidades específicas.
Romero Rodríguez, 2004	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.
Iglesias, 2005	Procedimiento objetivo de evaluación de cargas energéticas y ambientales correspondientes a un proceso o a una actividad, que se efectúa identificando los materiales y la energía utilizada y los descartes liberados en el ambiente natural. La evaluación se realiza en el ciclo de vida completo del proceso o actividad,

Anexos



	incluyendo la extracción y tratamiento de la materia prima, la fabricación, el transporte, la distribución, el uso, el reciclado, la reutilización y el despacho final.
Montoya R., 2006	Metodología de análisis del ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés) es una herramienta de análisis sistemático que considera los impactos ambientales de productos o servicios y provee una estructura de referencia para el desarrollo de índices de inspección, especialmente en la extensión de las fronteras del sistema hacia las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto.
Panichelli, 2007	Herramienta de gestión ambiental que evalúa de modo sistemático los aspectos ambientales y los impactos ambientales potenciales de un producto a través de su ciclo de vida, desde la adquisición de la materia prima, su producción, uso, tratamiento final, reciclado y disposición final.
Sánchez, 2007	Proceso para evaluar las descargas ambientales asociadas con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando los materiales y la energía utilizada y los residuos liberados al ambiente; para evaluar el impacto del uso de esos materiales y energía y de las descargas al ambiente; y para identificar y evaluar oportunidades para efectuar mejoras ambientales.
Serrano, David and Dufour, Javier; 2008	Herramienta esencial en la evaluación del impacto ambiental de las nuevas tecnologías energéticas, principalmente a la hora de establecer la reducción neta de las emisiones de gases de efecto invernadero.
Chacón, 2008	Método analítico que contempla y hace una interpretación de los impactos ambientales potenciales de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida.

Anexos



Rieradevall, 2009	Proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como las emisiones al entorno, para determinar el impacto de ese uso de recursos y esas emisiones y para evaluar y llevar a la práctica estrategias de mejora ambiental. El estudio incluye el ciclo completo del producto, proceso o actividad, teniendo en cuenta las etapas de: extracción y procesamiento de materias primas, producción, transporte y distribución, uso, reutilización y mantenimiento, reciclado y disposición final.
-------------------	--

Anexos

Anexo 6: Categoría de daños para el Eco-speed. **Fuente:** Elaboración propia.

Categoría de daño	Daños a la Salud Humana (<i>Damages to Human Health</i>)	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.
	Consumo de los recursos (<i>Resources Consumption</i>)	Agotamiento de los recursos naturales como el uso del agua, del suelo, de la energía y de los minerales.
	Daños a los ecosistemas (<i>Damages to ecosystems</i>)	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 CO ₂ equivalentes.

Anexos

Anexo 7: Herramientas Informáticas del 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, etc.
Ecoit	PréConsultants(Países Bajos)	Especialmente indicado para diseñadores de productos y envases. Utiliza el Ecoindicador' 99. Su manejo es sencillo.
Ecopro	SinumAG.- Eco Performance 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 eco diseño 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 inter faz gráfica muy completa. Posee los Indicadores Eco indicador 95 y DAIA 98 y destaca por sus datos de la industria papelera.
Gabi	Universidad de Stuttgart (Alemania)	Además de las posibilidades convencionales de ACV, este programa permite asociar costes a los flujos y realizar análisis
LCAit	Chalmers Industritenik (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.

Anexos



Simapro	PréConsultants(Países Bajos)	Permite realizar ACV completos con múltiples métodos de evaluación de impactos. Presenta completas y variadas bases de datos. Adecuada para Departamentos de diseño + D.
Team	Ecobilan(Francia)	Herramienta muy completa, flexible y potente aunque algo más complejo 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.

Anexos

Anexo 8: Dimensión Ambiental de las Cadenas Costarricenses de Café, Queso y Mini vegetales, sus impactos sobre la competitividad. **Fuente:** (Díaz, 2004).

	Café	Queso	Mini vegetales
Principal ubicación de problemas ambientales	Uso del suelo, agroquímicos y del agua	Uso de Agroquímicos y contaminación del agua	Uso de agroquímicos en el suelo y erosión de suelos
Posibilidades para el cambio	Desarrollo tecnológico	Controles para mejoramiento ambiental	No se han desarrollado opciones
Comportamiento sectorial	Proactivo	Variable	Defensivo
Opinión de los stakeholders	En incremento reconocimiento de problemas ambientales	Bajo reconocimiento	No reconocimiento
Comportamiento del consumidor	Importancia de nichos(mercados internacionales)	Bajo reconocimiento	Insignificante
Efecto de productos diferenciados	Potencial	Insignificante	Potencial complemento para el reconocimiento de productos saludables.
Condición sectorial	Aumenta la disponibilidad de datos	No hay datos disponibles (principalmente privados)	No hay datos disponibles

Anexos

Anexo 9: Objeto social de la Empresa Agroindustrial Eladio Machín. **Fuente:** Empresa Agroindustrial Eladio Machín.

Acopiar, procesar y comercializar de forma mayorista café en cereza, cáscara y pergamino para la Empresa Comercial Cuba Café, la Empresa Exportadora Cuba-Export, así como cacao en grano para la industria en moneda nacional.

Producir y comercializar de forma mayorista el afrecho seco, procedente de la molinación del café para combustible y abono orgánico en pesos cubanos.

Producir y acopiar a entidades del sistema, a la base productiva asociada a los productores individuales que se encuentran enclavados en el territorio de la empresa, para comercializar de forma mayorista, tubérculos, raíces y otras viandas, granos y cereales, hortalizas de hojas, vegetales y frutas en estado natural o procesado artesanalmente, flores, ganado menor en pie, sus carnes, otras producciones agropecuarias y carbón vegetal en pesos cubanos y pesos convertibles.

Comercializar de forma minorista excedentes de productos agropecuarios procedentes del autoconsumo, a los trabajadores de la entidad en pesos cubanos, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior.

Producir y comercializar de forma mayorista animales comerciales y de trabajo a empresas del sistema y a la base productiva asociada, y de forma minorista a los productores individuales que se encuentran enclavados en el territorio de la empresa en pesos cubanos.

Producir y comercializar de forma mayorista leche de ganado mayor y menor derivados lácteos, dígame quesos, con destino a la Industria Láctea en pesos cubanos y pesos convertibles, así como leche fresca al sistema del Comercio Interior (cruzamiento) en pesos cubanos y de forma minorista a los trabajadores de la entidad que se desempeñan como ordeñadores, todo ello cumpliendo con las regulaciones establecidas por los Ministerios del Comercio Interior, de la Industria Alimenticia y de Agricultura.

Producir y comercializar de forma mayorista huevos criollos, miel de abeja y sus derivados en pesos cubanos.

Brindar servicios de construcción, reparación y mantenimiento de obras menores al sistema y a las viviendas de los trabajadores de la empresa, de la base productiva vinculada a la misma y a las comunidades enclavadas en la zona del Plan Turquino en pesos cubanos.

Brindar servicios de transportación de los productos que produce y/o comercializa en pesos cubanos y pesos convertibles, así como de transportación de carga a la base productiva asociada y a terceros, para aprovechar capacidades disponibles, a través de las agencias de carga en pesos cubanos.

Anexos



Brindar servicios de transportación de personal a sus trabajadores en pesos cubanos, cumpliendo las regulaciones establecidas por el Ministerio del Transporte.

Brindar servicios de reparación y mantenimiento de la maquinaria agrícola ligera e implementos, de equipos y sistemas de riego, de equipos de fumigación, de taller automotor, chapistería, soldadura, pintura, tornería, ponchera, maquinado, tapicería y herrería, a la base productiva asociada a los productores individuales que se encuentran enclavados en el territorio de la empresa y a entidades de los Ministerios de la Agricultura y del Azúcar en pesos cubanos.

Brindar servicios de construcción, reparación y mantenimiento de caminos de montaña en pesos cubanos. Brindar servicios de comedor, cafetería y recreación con gastronomía asociada a los trabajadores de la entidad en pesos cubanos.

Prestar servicios de pesaje y almacenamiento de café y otros productos agropecuarios en pesos cubanos.

Comercializar de forma mayorista los insumos fundamentales para producción agropecuaria tanto producidos como adquiridos además de artículos de alta demanda para el sector y subproductos de las cosechas para alimento animal, forraje verde y seco, a la base productiva asociada y a entidades estatales productoras de alimentos y de forma minorista a los productores individuales que se vinculan con la empresa, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio interior.

Producir y acopiar de la base productiva, para comercializar de forma mayorista, leña, cajas, paletas, postes, poste vivos, madera en bolo y rolliza, cuje para tabaco, palmiche, guanos, guaniquiqui, corteza de mangle, resina, semillas y yaguas en pesos cubanos.

Producir y comercializar de forma mayorista medios de control biológico (entomófagos, entomapatógenos y biopreparados), materia orgánica, humus de lombriz, pienso criollo, plantas condimentosa y medicinales frescas o secas, semillas botánicas y agámicas que incluyen plántulas y posturas de hortalizas y envases de madera en pesos cubanos.

Brindar servicios de aserrado, reaserrado y secado de maderas y construcción de obras rústicas en pesos cubanos.

Acopiar a las entidades del escenario productivo, productos madereros y no madereros del bosque para producir y comercializar de forma mayorista productos elaborados de la madera, con la madera proveniente de la regulación de sombra en pesos cubanos y pesos convertibles y de forma minorista como concurrente al Mercado Industrial Artesanal en pesos cubanos.

Producir y comercializar de forma mayorista materiales alternativos de construcción a

Anexos



entidades del sistema del Ministerio de la Agricultura en pesos cubanos.

Producir y comercializar de forma mayorista muebles de oficina y para el hogar, con la madera proveniente de la regulación de sombra para el sistema del Ministerio de la Agricultura y entidades enclavadas en la zona del Plan Turquino en pesos cubanos.

Comercializar de forma mayorista insumos necesarios para el aseguramiento del cultivo, de la zafra cafetalera y de otras producciones, para las entidades del Ministerio de la Agricultura en pesos cubanos, según nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior.

Prestar servicios de fabricación de insumos especializados en pesos cubanos.

Prestar servicios de elaboración, procesamiento, impresión de estados financieros y otras informaciones a la base productiva en pesos cubanos.

Producir y comercializar de forma mayorista pulpas de frutas y encurtidos de vegetales en pesos cubanos.

Prestar servicios de roturación de tierra en pesos cubanos.

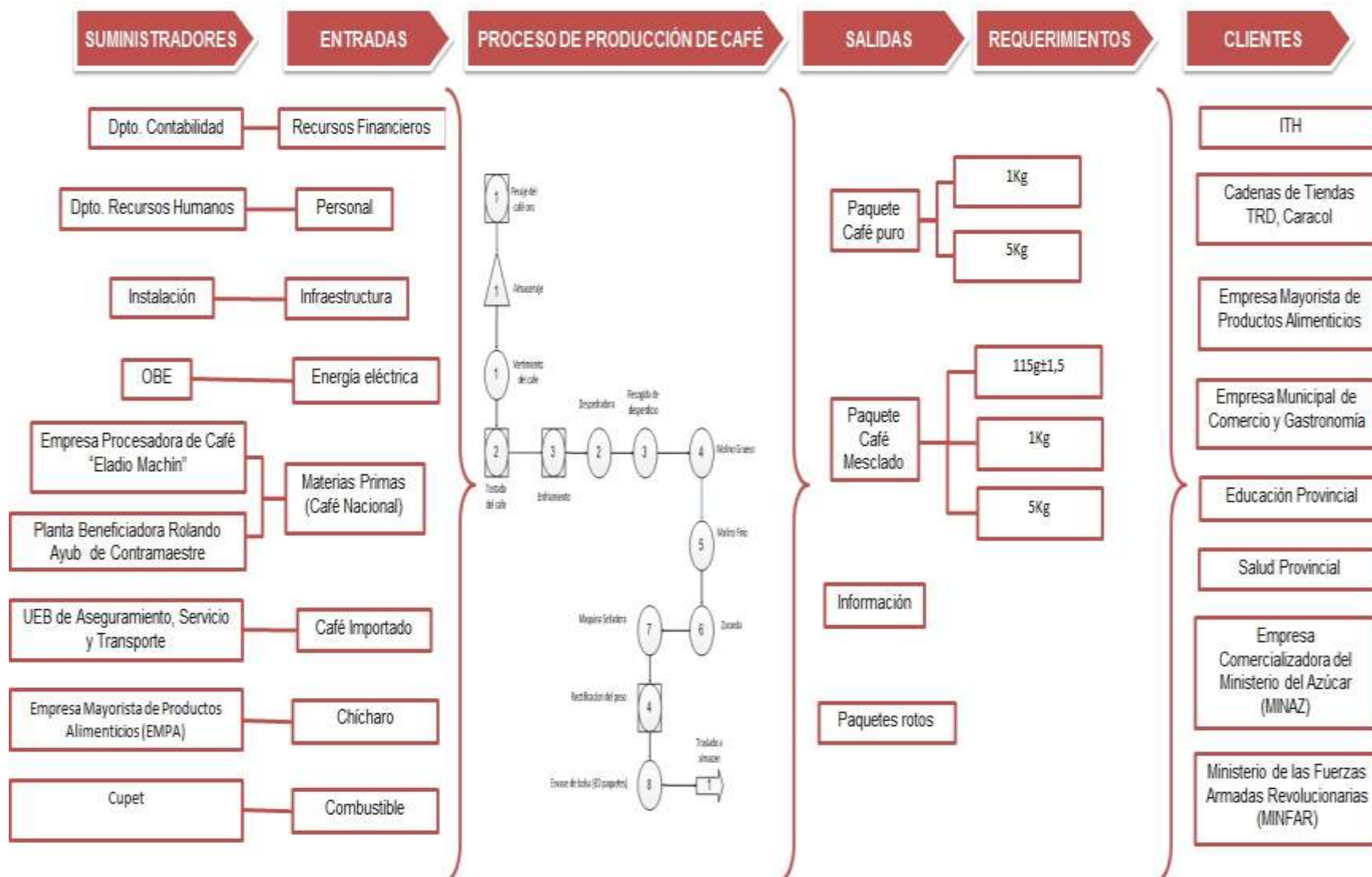
Brindar servicios veterinarios en pesos cubanos.

Comercializar en forma mayorista chatarra al sistema de la Unión de Empresas de Recuperación de Materias Primas en pesos cubanos y pesos convertibles.

Comercializar de forma minorista productos alimenticios y no alimenticios a los trabajadores de la empresa y a la base productiva asociada, a través de la tienda de estímulo de la propia entidad, según regulaciones del Ministerio del Trabajo y Seguridad Social y nomenclatura aprobada por el Ministerio del Comercio Interior en pesos cubanos.

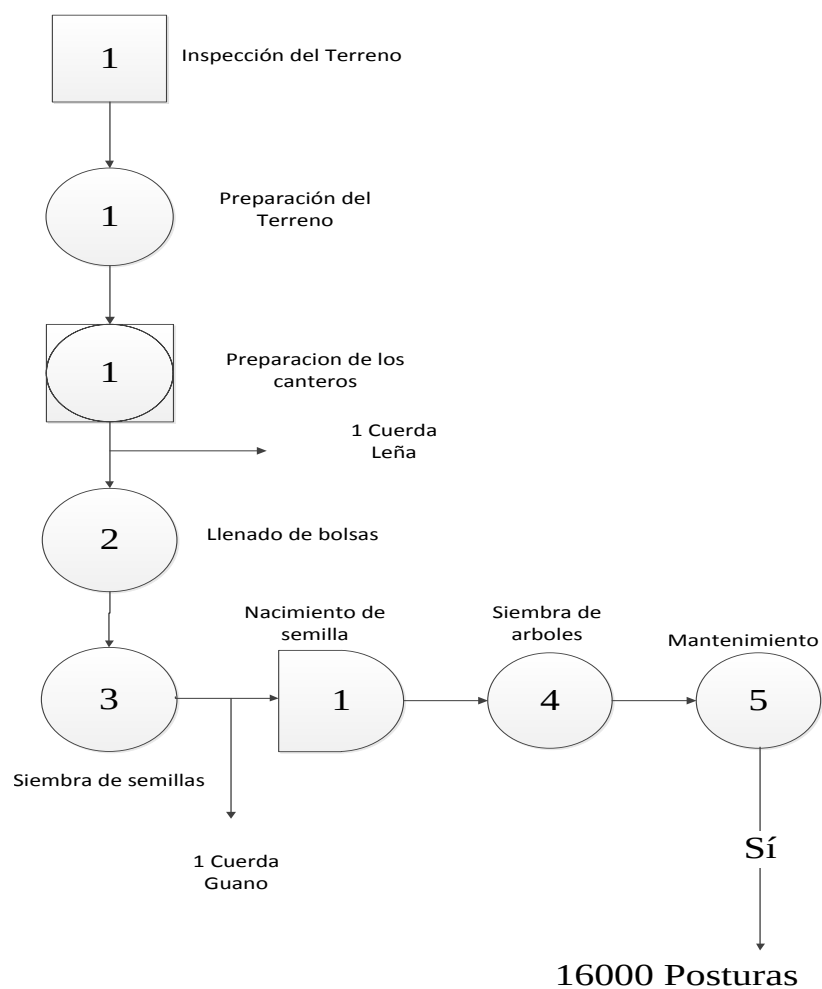
Anexos

Anexo 10: Diagrama SIPOC de la Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia.



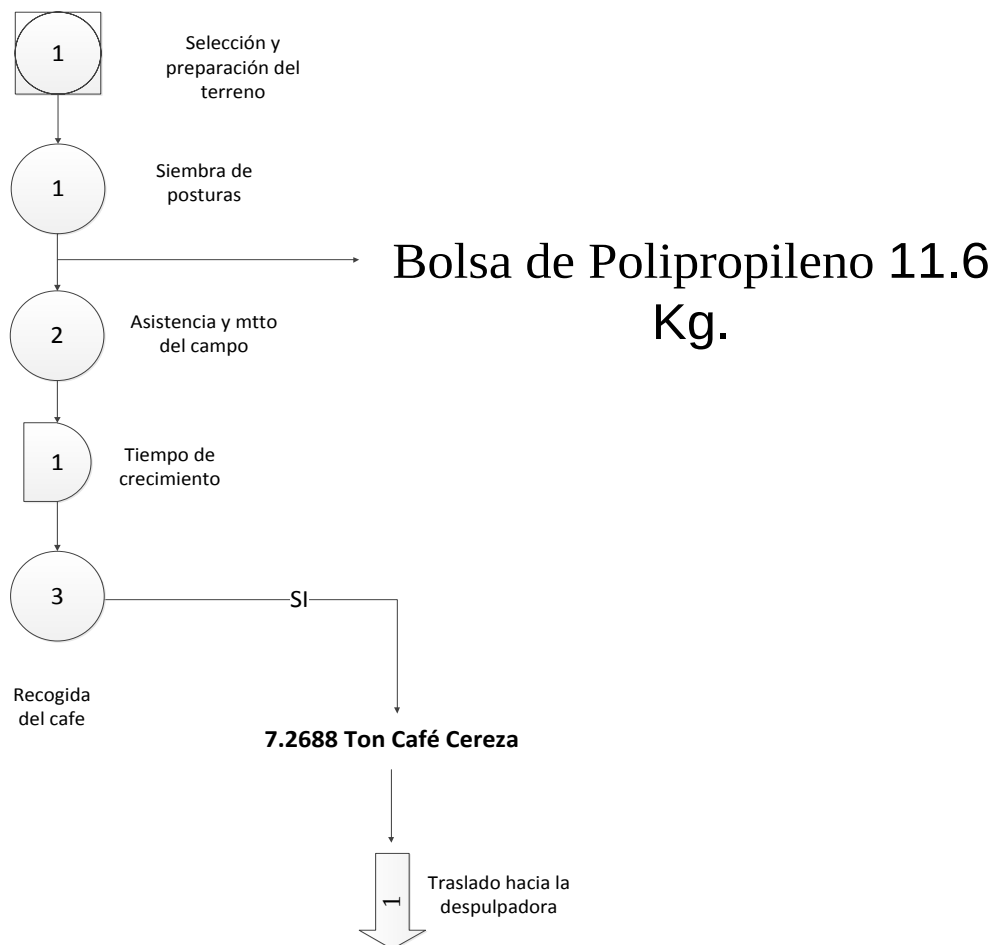
Anexos

Anexo 11: Diagrama del Cultivo de la postura del café. **Fuente:** Elaboración Propia



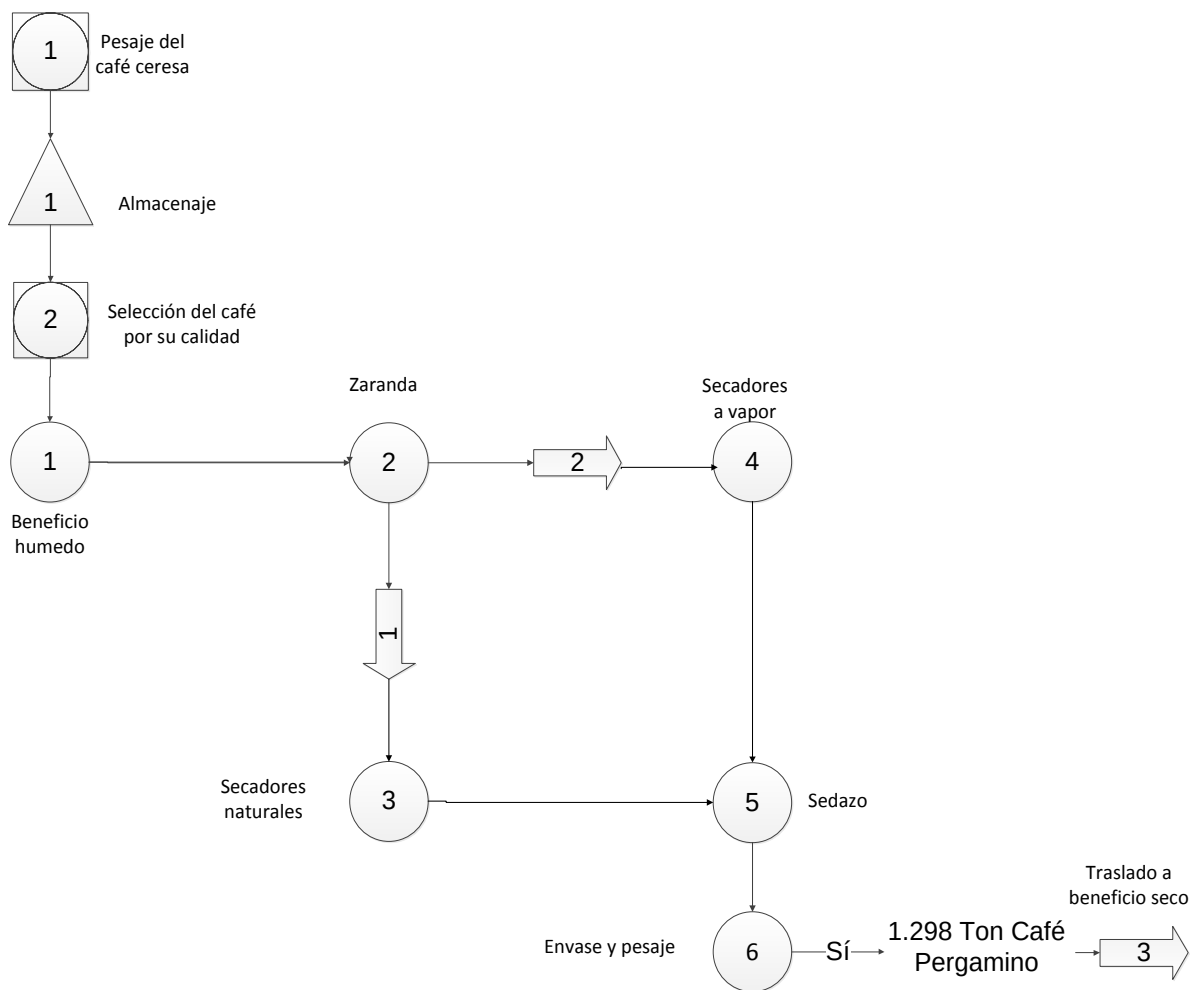
Anexos

Anexo 12: Diagrama del Cultivo de la postura del café. **Fuente:** Elaboración Propia.



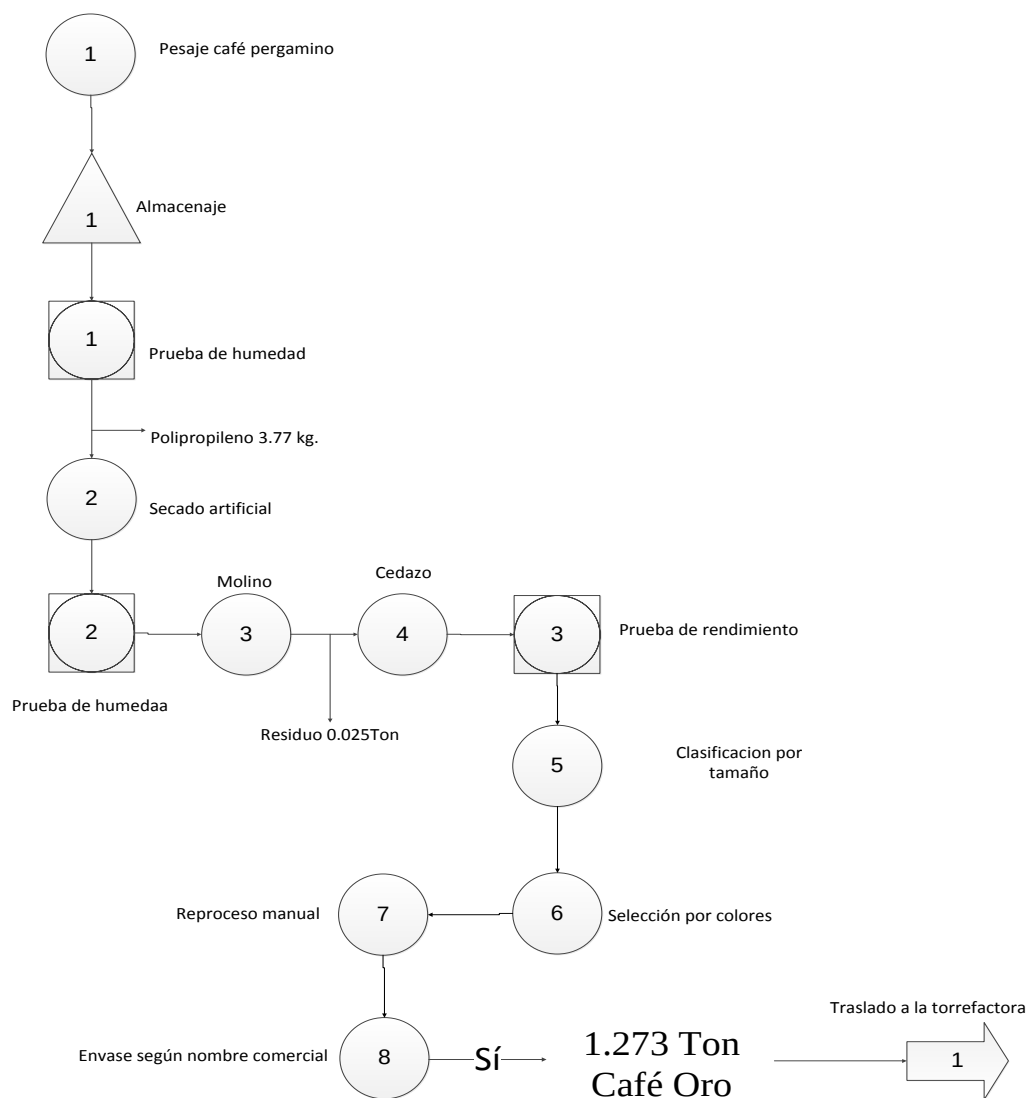
Anexos

Anexo 13: Diagrama de aplicación de Beneficio Húmedo. **Fuente:** Elaboración Propia.



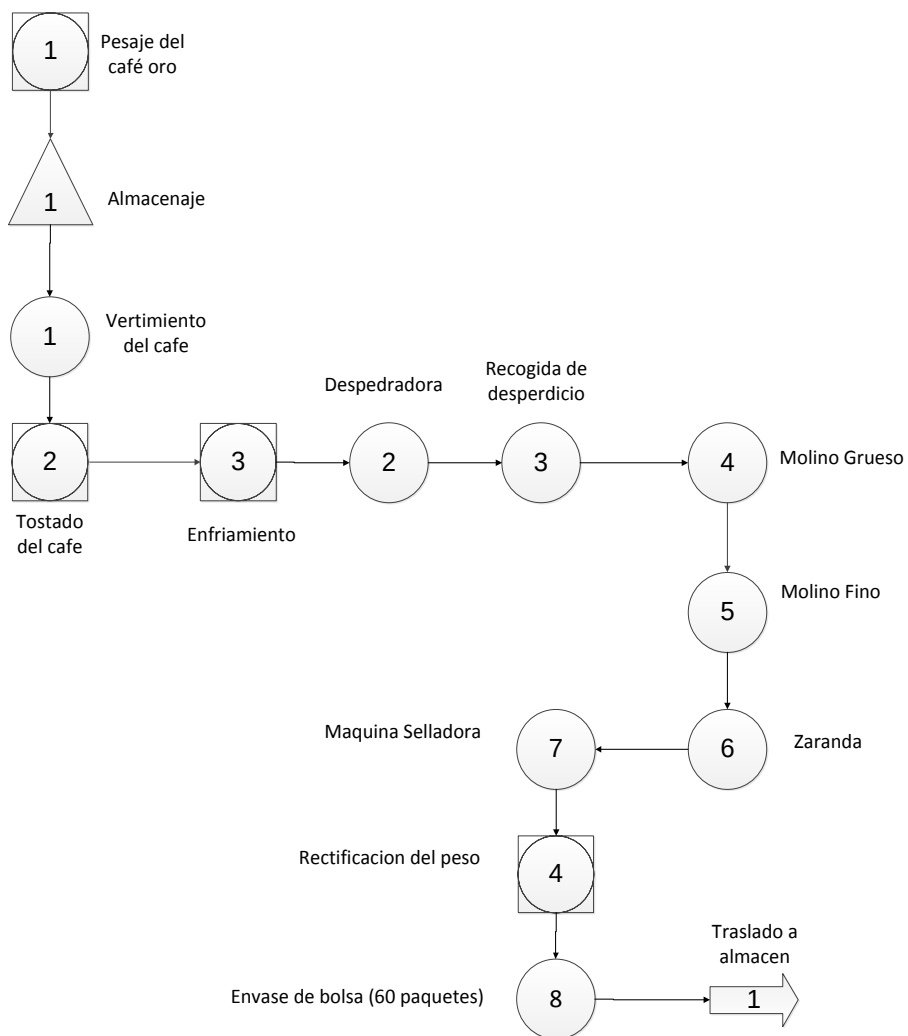
Anexos

Anexo 14: Diagrama de aplicación de Beneficio Seco. **Fuente:** Elaboración Propia.



Anexos

Anexo 15: Diagrama de Torrefacción de Café. **Fuente:** Elaboración Propia.



Anexos

Anexo 16: Documentos presentados por el CITMA. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.

→ Documento que contiene quejas de los vecinos remitida al Cro- Fiscal Jefe de la Provincia fechada 22/08/2000.

→ Carta remitida el día 7/09/2000 por la oficina de atención a la población del Comité Provincial del PCC a la Delegada del CITMA donde le orienta encargarse del asunto hasta darle solución.

→ Dictamen de la Inspección Ambiental Estatal efectuada el 14 y 15/09/2000. Medidas: Reubicar la Torrefactora; Dar solución a problemas de ventilación e iluminación y ruido; Establecer Estrategia Ambiental; Actualizar plan Defensa Civil. Fecha cumplimiento: Septiembre 2001.

→ Carta remitida el día 22/09/2000 por el Cro- Fiscal Jefe de la Provincia a la Delegada del CITMA que adjunta la queja de los vecinos y solicita resuelva la problemática y envíe respuesta de la solución a la fiscalía.

→ Plan de Acción para garantizar el cumplimiento de las medidas del dictamen enviadas por el Director de la Torrefactora con fecha 13/10/2000.

→ Dictamen de la Reinspección del 28/09/2001.

→ Por incumplimiento de medidas se impusieron dos sanciones: Amonestación y Obligación de Hacer referida a presentar documentación consistente en:

→ Estrategia Ambiental y Variantes de reubicación de la Torrefactora y cronograma de ejecución aprobado. Fecha Cumplimiento: Enero 2002.

→ Carta de Apelación del Director de la Torrefactora referida a la medida consistente en cambiar la ubicación de la Torrefactora (porque no estar en su competencia). Fecha: 15/10/2001.

→ Carta enviada al Ministerio fechada 08/07/2008 que contiene queja reiterada de los vecinos.

→ Dictamen de la Inspección Ambiental Estatal Extraordinaria el día 2/09/2008. Medida: presentar documentación para Evaluación de Impacto ambiental. Fecha Cumplimiento: 30/10/2008.

→ Dictamen de la Inspección Ambiental Estatal Extraordinaria a la Torrefactora el día 10/04/2009 para verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Licencia Ambiental 43/08, otorgada a dicha entidad para la Remodelación del Sistema de Tratamiento

Anexos

a las Emisiones Gaseosas. Medida: Ejecutar la Remodelación del Sistema de Tratamiento a las Emisiones Gaseosas. Fecha de Cumplimiento: 30 de Agosto 2009.

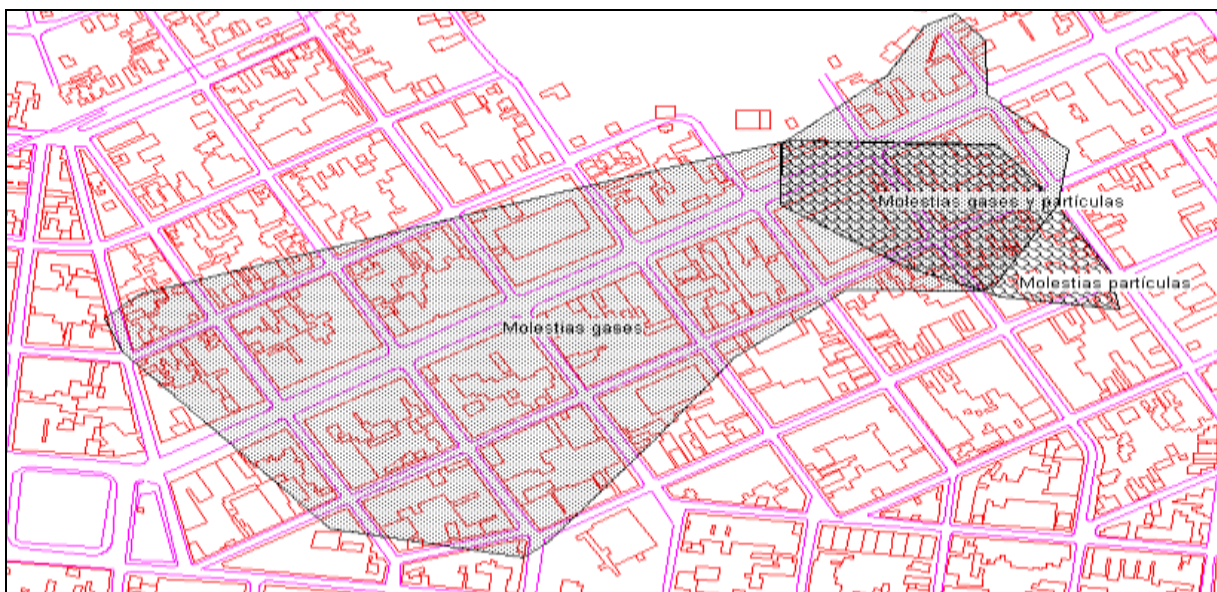
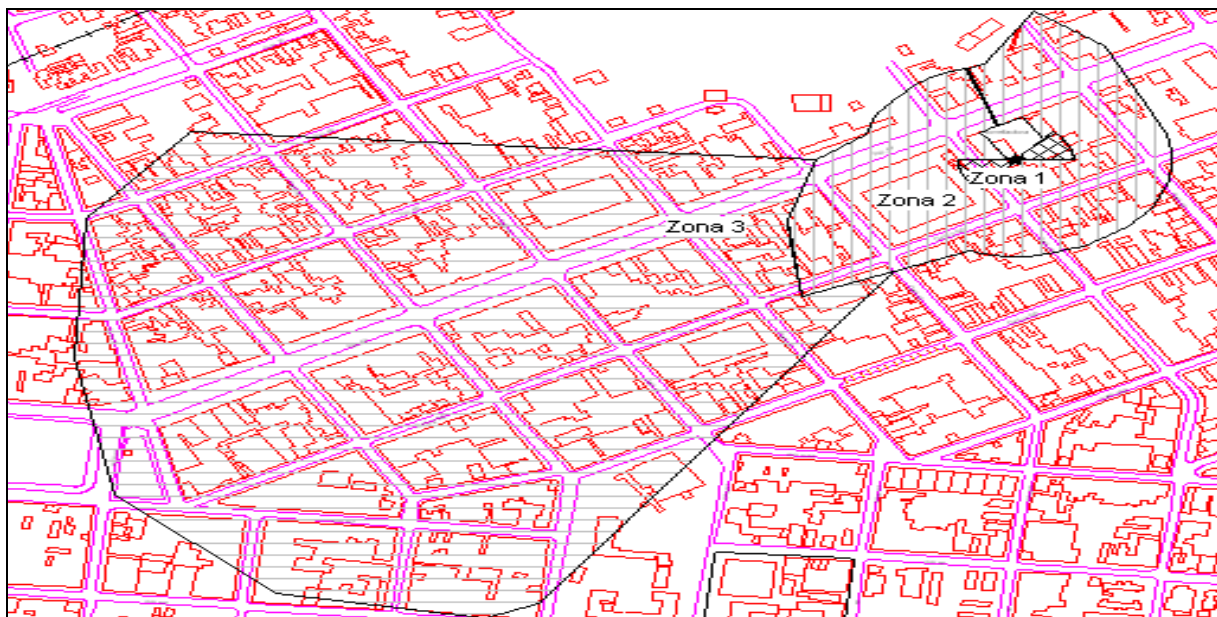
→ Contravención 21/2009 de la Re inspección Ambiental Estatal Extraordinaria del 09/09/2009 donde por el incumplimiento de la medida consistente en Remodelación del Sistema de Tratamiento de las Emisiones Gaseosas con fecha cumplimiento 30 de agosto 2009, se decide imponer clausura temporal a partir del 30 de septiembre de 2009.

Resolución 44 de 2009 (modificada) de la ORASEN con fecha 1/10/2009 en la que se resuelve dar con lugar el recurso de apelación de la Torrefactora y se modifica la fecha de la clausura para el 30 de noviembre de 2009.

Anexos

Anexo 17: Ubicación de las áreas de percepción de molestias por gases y partículas emitidos por la Torrefactora. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.

Zona 1 cuadriculada, Zona 2 con rayas inclinadas y Zona 3 con rayas horizontales



Zona 1 cuadriculada: Se refiere a la zona inmediata a la empresa, en los sectores SSW – WSW y NNE-ENE de la nave de producción, hasta una distancia de aproximadamente 50m de la misma. Se espera que los mayores impactos que reciba esta zona sean por las emisiones no conducidas de la nave de la Torrefactara y eventualmente, bajo ciertas

Anexos

condiciones del tiempo desfavorables a la dispersión de los contaminantes, también de las emisiones de partículas que ocurren por la chimenea.

Zona 2 con rayas inclinadas: Ocupa el área más expuesta a las emisiones conducidas (por chimenea) de la Torrefactora. Son significativas tanto la deposición de partículas como las concentraciones en aire, donde incide el penacho de la chimenea. El impacto sobre esta zona es temporal, dependiente de la dirección del viento. Pueden acontecer acumulaciones de contaminantes en pequeñas depresiones del terreno y en el interior de patios y habitaciones de las casa expuestas al penacho de gases y partículas. Existen casas, sobre todo en el lateral de la Torrefactora, donde el impacto mayor está dado en el segundo piso, u otro más alto, no al nivel del suelo.

Zona 3 con rayas horizontales: Se recibe el impacto de las emisiones conducidas de la Torrefactora. La mayor relevancia la adquieren las molestias por los olores de los humos del tostado del café. Eventualmente pudiera haber molestias también por partículas. Esta zona debe definir el alcance del impacto ambiental por vía atmosférica de la Torrefactora.

La situación ambiental es multifactorial y generalmente no se dispone de todas las herramientas para corroborarla a través de mediciones, por tal motivo se utilizó la investigación de percepción social buscando respuesta a estimar el impacto cercano y lejano, sobre todo de los compuestos orgánicos volátiles, que no hay tecnologías para medirlos y que por su olor, tienen alta sensación en la población, es un proceso nervioso superior, que permite al organismo a través de los sentidos, recibir, elaborar e interpretar la información proveniente de su entorno, dicho de otra forma, responde a cómo cierto entorno social percibe su ambiente y va construyendo su espacio. Se usa principalmente la percepción de la vista y el olfato, para determinar aspectos específicos de la calidad del aire y sobre la percepción general que tiene la persona, acerca de la calidad del aire del lugar donde permanece, en el horario de trabajo de la Torrefactora.

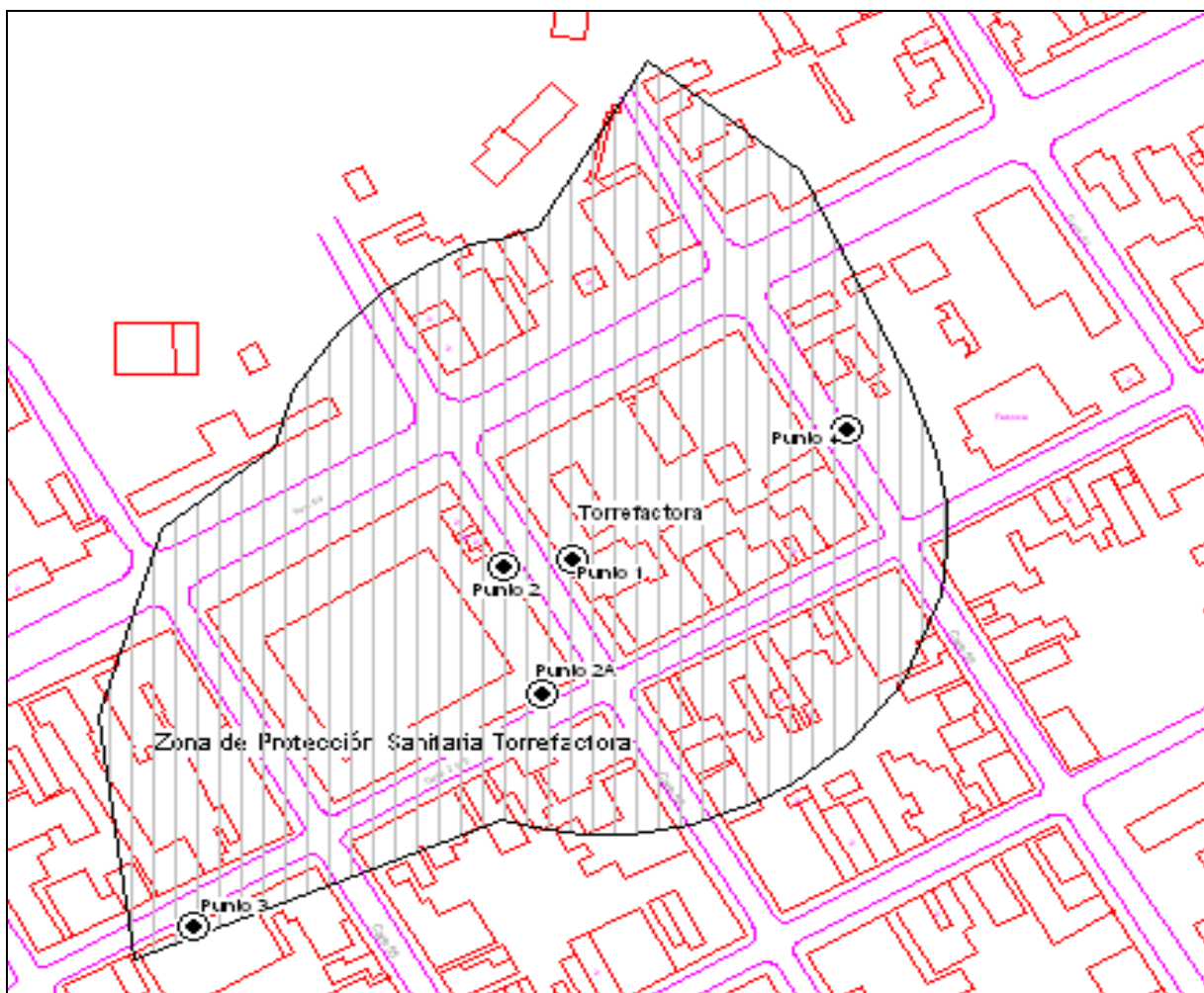
Como método se utiliza la encuesta, sobre el grupo de la población que con mayor probabilidad puede dar respuestas reales sobre los aspectos de la calidad del aire y sobre la percepción general. El muestreo tiene un carácter territorial, estando los puntos de muestreo distribuidos de forma aproximadamente aleatoria, en las zonas de más probable impacto de las emisiones de esta empresa. Se encuesta una persona por casa y su selección dentro del grupo familiar ha sido casuística, en función de la disposición y posibilidades de contestar por los miembros del grupo familiar. El criterio que prima para la selección de la muestra, es la ubicación de las personas dentro de las áreas de impacto de la Torrefactora, en el horario de trabajo de la misma.

Anexos

Según los resultados de las encuestas no solo se determinaron las áreas de contaminación, sino que como consecuencia, las personas de la zona definida como de contaminación de la Torrefactoría relacionan con las emisiones que esta emite, la aparición de síntomas clínicos y enfermedades.

Anexos

Anexo 18: Ubicación de los puntos de muestreo de gases y partículas en los alrededores de a Torrefactora. **Fuente:** Empresa Torrefactora y Distribuidora de Café de Cienfuegos.



La selección de los puntos responde a los siguientes criterios:

Punto 1: Punto ubicado en el fondo de la casa (casa de Angela) que es el que más probablemente recibe las emisiones difusas de la nave de producción y los dispositivos emplazados en la base de la chimenea, o sea, las emisiones de poca altura. La dirección del viento el día de muestreo era la más probable, o sea, que las emisiones bajas afectaban al punto.

Punto 2: Emplazado en un segundo piso, en la zona más probable hacia dónde se dirige el penacho de la chimenea. Debe ser uno de los puntos más impactados por la acción directa de las emisiones de la chimenea. En el área de oscilación del penacho de la chimenea el día de muestreo.

Anexos

Punto 2A: Como el punto 2, está situado en dirección probable del penacho de la chimenea y en un balcón a la altura del segundo piso. Su ubicación exacta, así como la del punto 2, se definió en función de la dirección del penacho el día y horario de muestreo.

Punto 3: Aproximadamente al borde de la zona de contaminación de la Torrefactora definida en el expediente de microlocalización de las modificaciones del sistema de extracción de gases de la misma el día de muestreo.

Punto 4: En la dirección contraria al resto de los puntos de muestreo en los horarios en que se realizan las mediciones, o sea, vientos arriba. Su objeto es conocer el fondo de partículas y gases de la combustión que llegan al resto de los puntos de muestreo, procedente de la calle lateral del mercado agropecuario (calle 59), mucho más transitada que la calle 57. También, de conjunto, se capta la influencia del tráfico vehicular de la calzada, pues el punto 4 se ubica a aproximadamente la misma distancia que el punto 1 y 2 de la misma.

Se miden las concentraciones de partículas en suspensión y de gases de la combustión en los alrededores, únicos parámetros con posibilidades técnicas a determinarse, aunque no es el único contaminante que define el impacto ambiental de una Torrefactora.

El muestreo de: NO_x , NO_2 y SO_2 se realizó por el método activo; el de polvo en suspensión fue empleando volumen bajo-medio con filtro de percloruro de vinilo. Los gases se determinaron solamente en el punto viento arriba (punto 4) y el de mayor incidencia del penacho (punto 2).

El muestreo de partículas se realizó durante un período de aproximadamente 8 horas y los gases se recolectaron con muestras trihorarias. Los métodos de ensayo empleados se exponen a continuación:

Tabla 1: Métodos de ensayo empleados. **Fuente:** Elaboración propia.

Ensayo	Método
Partículas Totales en Suspensión	Gravimétrico
Dióxido de azufre	Método West-Gaeke
Dióxido de nitrógeno*	Método Griess – Saltzman

* El mismo que para NO_x ; pero con oxidación previa de la muestra con permanganato de potasio.

Los resultados de las determinaciones de gases y partículas en exteriores se exponen en las **Tablas 2 y 3** respectivamente.

Anexos

Tabla 2: Promedios trihorarios de Dióxido de Azufre (SO_2), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Óxidos de Nitrógeno expresado como NO_2 (NO_x).

Punto de Muestreo	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Conc.	Inc.	Conc.	Inc.	Conc.	Inc.
Punto 4 (viento arriba)	58,89	$\pm 12,60$	10,16	$\pm 2,50$	12,89	$\pm 2,93$
Punto 2 (viento abajo)	69,45	$\pm 14,57$	11,72	$\pm 2,67$	23,18	$\pm 4,82$

Tabla 3: Promedio diario de Concentración de Partículas Totales en Suspensión (polvo).

Punto de muestreo	Distancia de la Torrefactora (m)	Valor obtenido	Incertidumbre	Unidades
Punto 4 (viento arriba)	--	338	± 68	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Punto 1	13	546	± 109	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Punto 2	32	161	± 32	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Punto 2A	56	729	± 146	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Punto 3	175	2022	± 404	$\mu\text{g}/\text{m}^3$

Anexos

Anexo 19: Principales efectos de las emisiones del material particulado y concentración de los gases. **Fuente:** (Cuellar Piloto, 2011).

Los principales efectos que produce el material particulado son, irritación de los ojos, reducción de la visibilidad, efectos tóxicos que incluyen infecciones respiratorias, afecciones cardíacas, bronquitis, asma y pulmonía, en la vegetación causa el taponamiento de los estomas y posterior necrosis de las hojas, ensuciamiento de edificaciones y el espacio público, en la siguiente tabla se puede observar los efectos sobre la salud según su concentración.

Tabla 1: Efectos sobre la salud según su concentración. **Fuente:** (Cuellar Piloto, 2011).

CONCENTRACIÓN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	EFFECTOS
260 - 400	Leve agravamiento de síntomas en personas susceptibles.
400 - 625	Significativos síntomas de agravamiento y disminución de tolerancia al ejercicio en personas que sufren del corazón.
625 - 875	Comienzo prematuro de ciertas enfermedades y disminución de tolerancia al ejercicio en personas saludables.
875 - 1000	Muerte prematura para enfermos o personas de avanzada edad. Las personas saludables experimentarán alteraciones en su actividad normal.

Los VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles) se pueden formar durante la combustión (a baja temperatura) o por combustible no quemado, a causa de una combustión incompleta. Son emitidos principalmente cuando se usan combustibles derivados del petróleo. Estas sustancias están compuestas por: Carbono e Hidrógeno incluyendo: Hidrocarburos aromáticos, Oleofinas, Parafinas, Aldehídos, Cetonas, Hidrocarburos halogenados. Los VOC causan el **smog fotoquímico** cuando reaccionan con el NO_x , causando problemas respiratorios, irritación de los ojos, reducción de la visibilidad y daño a la vegetación. Muchos de estos compuestos, principalmente los aromáticos, son clasificados como cancerígenos, otros como el metano tienen una alta capacidad de retención de calor, de igual manera que el CO_2 , son considerados gases de efecto invernadero.

Anexos

Óxidos de azufre (SO_x), es un término general el cual incluye SO_2 (dióxido de azufre) y SO_3 (trióxido de azufre), son producidos por la reacción entre el oxígeno contenido en el aire de la combustión y el azufre contenido en el combustible. El SO_x mezclado con la humedad de la atmósfera, puede formar ácido sulfúrico y contribuir a la lluvia ácida, la cual causa daños en la vegetación y una acidificación de las fuentes naturales de agua. Por otra parte, el SO_x es un gas sofocante e irritante que puede ocasionar en varias especies de animales, incluyendo el hombre, bronco-constricción, que implica un ligero aumento en la resistencia en el conducto del aire.

Dióxido de nitrógeno (NO_2) causa efectos como; absorción de la luz visible y reducción de la visibilidad, disminución del crecimiento de plantas, problemas respiratorios: fibrosis pulmonar crónica, bronquitis, entre otros.

Anexos

Anexo 20: Datos de entrada y salida del cultivo de la postura del café (16000 posturas).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1: Datos de entrada y salida del cultivo de la postura del café (16000 posturas).

Fuente: Elaboración propia.

Entradas	UM	Consumo
Suelo	ha	0.04
Variedades de semilla	Kg	10
Polipropileno	Kg	11.6
NPK Balanceado	Kg	96
Calbaril	Kg	2
Babatox	Kg	30
Zineb	Kg	4
Agua	m ³	97.2

Salidas	UM	Cantidad
Postura de Café	postura	16000

Tabla 2: Datos de entrada y salida de la producción de café cereza (7.27tn). **Fuente:**

Elaboración propia.

Entradas	UM	Consumo
Suelo	ha	10.86
Postura de Café	postura	16000
NPK Balanceado	Kg	1086
Urea	kg	2498

Salidas	UM	Cantidad
Polipropileno	kg	11.6
Café Cereza	ton	7.27

Tabla 3: Datos de entrada y salida del procesamiento para la obtención de café pergamino

(1.298tn). **Fuente:** Elaboración propia.

Entradas	UM	Consumo
Café Cereza	ton	7.27
Polipropileno	ton	3.77
Agua	m3	27.76
Diesel	ton	0.025

Anexos

Energía Eléctrica	KW/h	70
-------------------	------	----

Salidas	UM	Cantidad
Residuo	kg	3.106
Café Pergamino	ton	1.298

Tabla 4: Datos de entrada y salida del procesamiento para la obtención de café Oro (1.273tn). **Fuente:** Elaboración propia.

Entradas	UM	Consumo
Café Pergamino	ton	1.273
Polipropileno	kg	3.77
Energía Eléctrica	KW/h	145
Diesel	ton	0.46

Salidas	UM	Cantidad
Polipropileno	kg	3.77
Café Oro	ton	1.273

Tabla 5: Datos de entrada y salida del procesamiento para la obtención de Café Molido (1tn). **Fuente:** Elaboración propia.

Entradas	UM	Consumo
Café Oro	ton	1.273
Polipropileno	kg	12,75
Agua	m ³	0.1
Diesel	ton	0.058
Energía Eléctrica	KW/h	100

Salidas	UM	Cantidad
Polipropileno	kg	3.77
Café Molido	ton	1

