



**HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO DE CONSUMO MASIVO EN
EMPRESA DEL VALLE DEL CAUCA**

PROYECTO DE GRADO

**MAURICIO DUPLAT GUZMÁN
JOHAN MAURICIO SILVA ÁLVAREZ**

**Asesor de Investigación
SORY CAROLA TORRES QUINTERO**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2011

**HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO DE CONSUMO MASIVO EN
EMPRESA DEL VALLE DEL CAUCA**

**MAURICIO DUPLAT GUZMÁN
JOHAN MAURICIO SILVA ÁLVAREZ**

**Proyecto de grado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

**TUTORA DEL PROYECTO
Sory Carola Torres Quintero
Lic. Biología-Química**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI**

2011

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	9
1. HUELLA DE CARBONO	11
1.1 TITULO DEL PROYECTO	11
1.2 PROBLEMA A TRATAR	11
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	12
1.4 DELIMITACIÓN.....	13
1.4.1 TIEMPO	13
1.4.2 ESPACIO.....	13
1.4.3 IMPACTO	13
1.4.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN	14
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO	15
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. MARCO DE REFERENCIA.....	17
3.1 ANTECEDENTES.....	17
3.1.1 HUELLA ECOLÓGICA	17
3.1.2 HUELLA DE CARBONO	18
3.1.3 HISTORIAL DE HUELLAS DE CARBONO.....	19
3.2 MARCO TEÓRICO	23
3.2.1 CALENTAMIENTO GLOBAL.....	23
3.2.2 PROTOCOLO DE KYOTO	24
3.2.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	26
3.2.4 MERCADOS VERDES.....	30
3.2.5 GESTIÓN DE CALIDAD.....	31
3.2.6 CADENA DE SUMINISTRO	33
3.2.7 MAPPING DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	35
3.2.8 REACCIONES QUÍMICAS	37
3.2.9 BALANCE DE MASA.....	39
3.2.10 USO Y CONSUMO ENERGÉTICO	40

4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	44
4.1 PROYECTO DE GRADO.....	44
4.2 METODOLOGÍAS INTERNACIONALES	44
4.3 METODOLOGÍA DEL PROYECTO	46
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS	47
5.1 COMPONENTES ESENCIALES DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO.....	47
5.2 EMISIONES DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	49
5.3 CONSUMO ENERGÉTICO	50
5.4 CALCULO DEL INDICADOR.....	53
6. PROPUESTA DE MEJORA.....	62
6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	62
6.2 PROBLEMA	64
6.3 DESCRIPCIÓN DE LA MEJORA.....	65
6.4 INVERSIÓN NECESARIA PARA LA MEJORA	67
6.5 BENEFICIOS Y RESULTADOS DE LA MEJORA.....	68
7. CONCLUSIONES	69
BIBLIOGRAFIA.....	70

TABLA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Matriz de Marco Lógico.....	72
ANEXO B. Cronograma.....	80

TABLA DE FIGURAS

	pág.
Figura No.1.....	33
Figura No.2.....	49
Figura No.3.....	51
Figura No.4.....	57
Figura No.5.....	61
Figura No.6.....	62

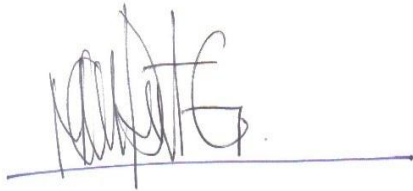
TABLA DE TABLAS

	pág.
Tabla No.1.....	52
Tabla No.2.....	54
Tabla No.3.....	58
Tabla No.4.....	60
Tabla No.5.....	66
Tabla No.6.....	66
Tabla No.7.....	67
Tabla No.8.....	68

AGRADECIMIENTOS

La realización de este proyecto no hubiese sido posible sin la colaboración de los dueños y operarios de la empresa XYZ, quienes muy solidariamente nos abrieron las puertas de su empresa para brindarnos la información que requerimos, para ver el proceso de los productos y para resolver todas las inquietudes que surgieron. Por lo anterior, les manifestamos nuestros más sinceros agradecimientos.

Igualmente, gracias al esfuerzo, dedicación y motivación de cada uno de los integrantes del proyecto fue posible que se llevara a cabo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Mauricio Duplat', written over a horizontal line.

Mauricio Duplat

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Johan Mauricio Silva', written over a horizontal line.

Johan Mauricio Silva

INTRODUCCIÓN

La Huella de Carbono de producto de consumo masivo es la medida de las cantidades de emisiones de carbono equivalente generadas en la supply chain (teniendo en cuenta la delimitada que se hizo) de dicho producto. Estas emisiones son generadas a partir de las materias primas, consumo eléctrico, consumo de combustible y el proceso productivo del producto.

Es de gran importancia generar herramientas para obtener estos indicadores, ya que a partir del cálculo de las emisiones las empresas podrán ser conscientes de su impacto ambiental, siendo una alternativa para un control acerca de los procesos y procedimientos de la organización, adicionalmente permite analizar la línea productiva, conocer qué puntos son los mayores generadores y plantear posibles soluciones al respecto.

Este proyecto de grado busca generar una herramienta que permita realizar el cálculo de la Huella de Carbono para la industria cosmética; adicionalmente a través de un Mapping de la cadena de abastecimiento se presentará por área el respectivo impacto ambiental y así generar un análisis más estructurado.

La herramienta generada puede ser adaptada a diferentes empresas dependiendo de los equipos implementados, el usuario deberá digitar cantidades de materias primas, potencias de los equipos, tiempos de uso de los equipos y cantidad de combustible consumido.

La limitación de este proyecto se encuentra en la disponibilidad de las empresas para aportar la información requerida, ya que como se mencionó anteriormente para realizar el cálculo de la huella de carbono es necesario contar con datos de

materias primas, equipos implementados, tiempo de operación de los mismos y proceso productivo (siendo todo esto información confidencial).

La importancia de este proyecto está en la generación de una herramienta que permita medir el impacto medio ambiental de un producto específico y a partir de ahí contar con información que será necesaria para la organización como punto de inicio para la implementación de mejoras, siendo esto necesario para alcanzar estándares ambientales como la ISO 14001.

1. HUELLA DE CARBONO

1.1 TITULO DEL PROYECTO

Huella de carbono de producto de consumo masivo en empresa del valle del cauca.

1.2 PROBLEMA A TRATAR

Las alteraciones en la composición del aire es un hecho que normalmente se produce por efectos naturales, pero las mismas han sido incrementadas en los últimos años por las industrias, ya que la mayoría de las empresas no son precavidas con las emisiones de gases que llegan a generar a través de sus sistemas de producción implementados, siendo este el punto crítico por la contaminación ambiental generada al expulsar al aire sustancias que implican riesgo de daño para la vida animal, humana y vegetal. Esta situación forma un nuevo entorno de competencia entre las empresas, pues cabe dentro de la responsabilidad ambiental empresarial el compromiso como organización empresarial de incorporar de manera integral en su gestión productiva la dimensión ambiental y social, por lo tanto deberán preocuparse por ser acreditadas por normas que certifiquen un control responsable con el medio ambiente, si es que desean ser más competitivos ante las demás compañías y tener una imagen de responsabilidad ambiental en el mercado. Para ser consciente y evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero, se debe inventariar las emisiones de los gases producidos durante la cadena de abastecimiento, este proceso se conoce comúnmente conocido como Huella de

Carbono, que es el primer paso para establecer planes de acción con el fin de minimizar el impacto ambiental generado por las actividades productivas de una empresa y su cadena de suministro, de esta manera las compañías deben enfrentar y responder eficazmente a las exigencias presentes y futuras, obteniendo ventajas competitivas en un mercado globalizado marcado por la conciencia “verde”.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La empresa XYZ al no tener un indicador de sus residuos, está siendo inconsciente frente al daño ambiental que le genera sus líneas de producción a la sociedad, es por eso la importancia de enfrentar el problema con la Ingeniería Industrial, diseñando y aplicando los indicadores que ayuden evaluar la gestión medio ambiental que realiza en esta empresa. El diagnostico arrojado por la huella de carbono nos permitirá sugerir implementaciones en la planta que ayuden a disminuir las emisiones de gases. Por otro lado, para las organizaciones poder contar con un indicador ambiental e implementar mejoras para disminuir dicho indicador, hacen un posicionamiento más competitivo en el sector industrial.

1.4 DELIMITACIÓN

1.4.1 TIEMPO

Durante la segunda mitad del año 2010 y la primera del 2011, estaremos trabajando en este proyecto, por lo que estructuraremos todas las actividades a realizar en un año.

1.4.2 ESPACIO

Estaremos trabajando en el Valle del Cauca, por lo que la población objetivo serán las personas que habitan en este departamento, más específicamente la empresa a la que brindaremos apoyo está ubicada en la vía panamericana.

1.4.3 IMPACTO

El impacto que buscamos tener está relacionado tanto con la parte social, en el sentido en que estamos tratando emisiones contaminantes que respiramos todos los que habitamos esta región, y en la parte económica, según se dé el curso de nuestro proyecto, y una vez se identifiquen las emisiones producidas, estaríamos colaborando hacia el proceso de implementación en calidad que tiene la empresa y que se busca que refleje un impacto positivo a nivel económico en el futuro.

1.4.4 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para nuestro caso la investigación a implementar es de forma aplicada y de tipo descriptiva, es aplicada porque se va a basar en un conocimiento desarrollado con anterioridad, poniendo en marcha la metodología de dicho conocimiento. Consideramos que es de tipo descriptivo, porque tenemos la oportunidad de registrar, describir e interpretar la realidad por medio de un análisis a un proceso existente.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Contribuir con el desarrollo medio ambiental de la región, por medio de la implementación de herramientas aplicadas al control y monitoreo de emisiones gaseosas en los procesos productivos para la elaboración de un producto de consumo masivo en el Valle del Cauca.

2.2 OBJETIVO DEL PROYECTO

Generar un indicador (huella de Carbono), que le permita a la empresa XYZ medir sus emisiones de gases contaminantes, y a partir de ahí proponer posibles mejoras a dicha empresa, encaminadas a reducir sus emisiones de carbono. Evaluando de esta manera el impacto ambiental referente a la generación de carbono en la región.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los componentes esenciales de la cadena de abastecimiento y su importancia en el proceso de huella de carbono.
- Identificar posibles emisiones por medio de reacciones químicas involucradas en el proceso productivo.

- Analizar el consumo de energía eléctrica y de combustibles de la maquinaria que se emplea en la línea de producción a trabajar, para hacer un estimado del consumo energético involucrado en la elaboración del producto.
- Elaborar una herramienta para definir el consumo de carbono en el proceso productivo.
- Generar una propuesta de mejora a la empresa referente a los procesos y prácticas relacionados con el producto a tratar, teniendo en cuenta como referencia la huella de carbono obtenida.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

3.1.1 HUELLA ECOLÓGICA

Es un indicador que busca medir el volumen de agua y tierra que se necesita para producir un producto requerido por una persona o una población para consumo.

La huella ecológica fue concebida por MathisWackernagel y William Rees¹ de la Universidad de British Columbia, según estos el concepto de huella ecológica debe ser utilizado ampliamente por investigadores, empresarios, gobiernos, agencias, individuos e instituciones para monitorear el uso de los recursos y el avance del desarrollo.

La huella ecológica se compone de subhuellas (Cultivos, pastos, bosques, mar, superficie construida y energía) siendo la más significativa en función de su impacto directo en el cambio climático.

Según Ester Bueno González² los cálculos más fiables de la huella ecológica son los que se hacen en el ámbito nacional, considerando todos los recursos que una nación consume y los desechos que genera. El consumo nacional se calcula sumando a la producción nacional las importaciones y restando las exportaciones.

¹EWING, B., GOLDFINGER Steven, WACKERNAGEL Mathis, STECHBART Meredith, RIZK Sarah M., REED Anders, KITZES Justin. The Ecological Footprint Atlas 2008. Global Footprint Network, Research and Standards Department. Revised 16. (versión 1.1), December, 2008.

² Ester Bueno González. *Nuestra huella ecológica* [.pdf]. - CENEA Centro Nacional de Educación Ambiental

Para calcular la media por individuo basta con dividir la huella nacional entre el número de habitantes del país.

La importancia del individuo para tener una huella mínima esta clara, pero reducir la huella ecológica planetaria sólo será posible a través de un proceso político, es decir, colectivo. Ahora los Gobiernos ya no sólo tienen el PIB como indicador socioeconómico, la Huella Ecológica trata de evaluar la economía bajo otros parámetros globalmente más solidarios.

3.1.2 HUELLA DE CARBONO

Según SCHNEIDER Y SAMANIEGO³ la huella de carbono surge a partir de la huella de ecológica, ya que la huella de carbono es una subhuella de la ecológica, que por lo general abarca 50% de participación. Por representar una gran porcentaje de participación, se considero que el análisis y generación de un indicador de emisiones de Co2 como un proceso que requiere un análisis independiente, más concentrado, el cual ya no debe analizar como una subhuella.

Comúnmente la huella de carbono se define como la cantidad de emisión de gases relevantes al cambio climático asociada a las actividades de producción o consumo de los seres humanos, aunque el espectro de definiciones varía desde un mirada simplista que contempla sólo las emisiones directas de CO2, a otras más complejas, asociadas al ciclo de vida completo de las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo la elaboración de las materias primas y el destino final del producto y sus respectivos embalajes. Las definiciones existentes en la literatura se centran en el CO2 como el principal eje de análisis, siendo la gran diferencia entre éstas, además del alcance de la huella, la inclusión de los demás

³SCHNEIDER Heloísa, SAMANIEGO Joseluis. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile. Naciones Unidas. 2009. p. 17.

gases de efecto invernadero. La propiedad a la que frecuentemente se refiere la huella de carbono es el peso en kilogramos o toneladas de emisiones de gases de efecto invernadero emitida por persona o actividad.

Este concepto de huella de carbono es aplicable a múltiples sectores, pero para efectos de nuestro análisis hablaremos del sector industrial como principal objetivo. En la empresa tanto media como grande tenemos procesos productivos que generan gran cantidad de emisiones, pero que no conocemos hasta que las medimos y tenemos un control sobre ellas. En ocasiones cuando la normativa de un país es muy laxa o cuando simplemente el gobierno no permite que se dé un cumplimiento de la misma, para las empresas este es un tema que no tiene relevancia, pues no afecta ni los costos ni la imagen del producto. A pesar de esto en la actualidad se está viviendo un cambio hacia la conciencia ambiental, entonces se tienen gobiernos que se preocupan más por este tema, vemos activistas que sacan a relucir impactos negativos que tiene el sector industrial, lo que resulta en una mala imagen para el producto y por ende para la compañía.

Es por esto que esta herramienta cobra mayor importancia en este sector, porque los factores anteriormente explicados empiezan a afectar los costos de producción, legales y de venta. Por lo que se hace necesario tener un control más estricto, o simplemente tener uno sobre las emisiones contaminantes que el sector industrial genera, para evitar estos sobre costos, y para en cierto modo, ser más responsables con el impacto que se tiene sobre la región y que finalmente nos afecta a todos los que habitamos en ella.

3.1.3 HISTORIAL DE HUELLAS DE CARBONO

Anterior a nuestro proyecto, se ha trabajado el indicador de huella de carbono alrededor del mundo, con mayor utilización en países desarrollados y con un

mayor impacto al medio ambiente, directamente relacionado con la acción industrial. Entre los países con mayor iniciativa encontramos a Estados Unidos, Alemania y Japón, donde se ha llevado a cabo un aliento tanto industrial como gubernamental referente al consumo de carbono y a su medición y monitoreo, a continuación veremos casos puntuales donde se destaca el control sobre las emisiones de gases contaminantes, en una escala tanto macro como micro, es decir, tendremos en cuenta situaciones donde se abarca gran parte de un país y otros casos donde el control se da en una empresa mediana.

3.1.3.1 Casos aplicados a países

A continuación hablaremos de diferentes acciones que se han llevado a cabo o están en curso actualmente, y que consideramos que tienen total relación con este indicador, nos hemos basado en un estudio hecho por SCHNEIDER y SAMANIEGO⁴ sobre la huella de carbono en productos y servicios en general.

Por ejemplo en Japón, el ministerio de Economía, Comercio e Industria, estableció una guía detallada para sacar la huella de carbono de algunos productos, la cual fue elaborada por un conjunto de expertos y también contando con la consulta pública. En dicha guía se establecieron ciertas reglas para estandarizar el análisis de dichos productos y así evitar inconsistencias entre procesos de huella entre productos similares. El método empleado en esta guía, consiste en la medición de emisiones de CO₂ en el ciclo de vida del producto o servicio, a lo largo de toda su cadena de abastecimiento, es decir desde la compra de materias primas hasta la disposición o reciclado de dicho producto o servicio.

⁴SCHNEIDER Heloísa, SAMANIEGO Joseluis. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile. Naciones Unidas. 2009. p. 32.

Este proyecto piloto del gobierno japonés, tiene una cobertura de 30 empresas y dentro de los productos analizados se incluyen alimentos y bebidas.

El gobierno Francés por su parte también quiere contribuir con el monitoreo del impacto de la industria nacional, para lo cual decidió establecer como legislación a partir del año 2011, un etiquetado obligatorio con información relacionada con el impacto ambiental, y la producción de carbono. Esto empezó con un proyecto llamado Granellel'environnement iniciado en 2007, con el compromiso del presidente de la república de tener el desarrollo sostenible como una prioridad nacional.

También en Francia se desarrolló una metodología y a la vez herramienta para la medición de emisiones directas e indirectas de Gases de Efecto Invernadero, llamada Bilan Carbone, está dirigida hacia el sector empresarial, industrial y a otras entidades con operaciones administrativas. Esta permite clasificar las emisiones según su fuente, y emplea la herramienta de Microsoft Office, Excel, por medio de una plantilla y una base de datos, para equivalencias y valores comunes.

En el Reino Unido, durante el año 2005 Carbon Trust con la colaboración del Departamento de Medio Ambiente, Alimentos y Asuntos Rurales, y de British Standards Institution, se hizo un acercamiento al concepto de huella de carbono, al desarrollar una metodología donde se buscaba medir emisiones relacionadas con la cadena productiva, y no solo identificar estas emisiones sino, buscar de alguna forma reducirlas. Ya en 2007, Carbon Trust lanzo una iniciativa voluntaria para monitorear las emisiones de los GEIs (Gases de Efecto Invernadero), pero con nuevas investigaciones y avances en el tema, para lo cual se busca una base de información transparente, confiable y consistente con el fin de que los resultados tengan buenas bases y sean más fácilmente aceptados.

3.1.3.2 Aplicación de huella de carbono a una planta de químicos

Hablando de aplicaciones más específicas en el sector industrial, podemos ver el estudio de huella aplicado a planta de producción de químicos, el cual fue elaborado por STEIN y KHARE⁵ donde se adoptó la metodología desarrollada por TheGreenhouse Gas Protocol, en esta se busca crear un estándar para la medición y el reporte de emisiones de GEIs. En este caso se trabajaron varias fuentes de emisiones, la primera es las directas de GEIs, la segunda es lo relacionado con el consumo energético del proceso productivo y por último están las emisiones indirectas, las cuales están relacionadas con actividades que no son controladas o pertenecen a la empresa. En este estudio se encontraron resultados como que el porcentaje correspondiente de aporte de carbono de emisiones directas, consumo energético y emisiones indirectas es de 21,08%, 13,41% y 65,52% respectivamente.

3.1.3.3 Aplicación de huella de carbono a la producción de lácteos

Otra aplicación de este indicador la podemos ver en una empresa de lácteos donde se trabajó una metodología llamada, modelo de gases de efecto invernadero en los lácteos o DairyGHG por sus siglas en ingles, este método integra la producción con un software en cargado de almacenar y procesar los datos que ingresan al mismo. Las primeras emisiones se dan en el proceso de alimentación y manutención de los animales, en este estudio se tuvo en cuenta que los lugares en los que se da dicha manutención, tienen capacidad de reabsorber parte del CO₂ emitido de forma natural. Las segundas emisiones consideradas en este estudio son las relacionadas con el consumo energético,

⁵ STEIN Michael, KHARE Anshuman. Calculating the Carbon Footprint of a chemical plant: A case study of Akzonobel. Imperial College Pres.

maquinarias, fertilizantes, pesticidas y plásticos empleados en la producción de alimento para la manutención de los animales.

De los resultados de esta investigación se pueden ver conclusiones como que el mayor porcentaje de emisiones viene del metano, proveniente del excremento de los animales, también encontramos que las tierras de cultivo para el alimento emiten gran cantidad de óxido nítrico. Al resultado final que se llegó fue que las emisiones de CO₂ varían entre 0,34kg a 0,69kg de CO₂/ kg de ECM de producción.

3.2 MARCO TEÓRICO

3.2.1 CALENTAMIENTO GLOBAL

El calentamiento global está asociado a un cambio climático que puede tener causa antropogénica o no. El principal efecto que causa el calentamiento global es el efecto invernadero, fenómeno que se refiere a la absorción (por ciertos gases atmosféricos; principalmente CO₂) de parte de la energía que el suelo emite, como consecuencia de haber sido calentado por la radiación solar. El efecto invernadero natural que estabiliza el clima de la Tierra no es cuestión que se incluya en el debate sobre el calentamiento global. Sin este efecto invernadero natural las temperaturas caerían aproximadamente en unos 30 °C; con tal cambio, los océanos podrían congelarse y la vida, tal como la conocemos, sería imposible. Para que este efecto se produzca, son necesarios estos gases de efecto invernadero, pero en proporciones adecuadas. Lo que preocupa a los climatólogos es que una elevación de esa proporción producirá un aumento de la temperatura debido al calor atrapado en la baja atmósfera.

3.2.2 PROTOCOLO DE KYOTO

Este protocolo, firmado bajo la convención Marco de las naciones unidas sobre el cambio climático, generó una serie de cambios y compromisos, por parte de las naciones que están inscritas en el. La principal finalidad de este es promover el desarrollo sostenible, cumpliendo con compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones.

Para este fin se aplicarán políticas y medidas, dependiendo de la situación nacional en que se encuentren las partes aquí suscritas; entre estas encontramos:

- ✓ Fomento de la eficiencia energética en los sectores pertinentes de la economía nacional;
- ✓ Protección y mejora de los sumideros y depósitos de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, teniendo en cuenta sus compromisos en virtud de los acuerdos internacionales pertinentes sobre el medio ambiente; promoción de prácticas sostenibles de gestión forestal, la forestación y la reforestación;
- ✓ Promoción de modalidades agrícolas sostenibles a la luz de las consideraciones del cambio climático;
- ✓ Investigación, promoción, desarrollo y aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía, de tecnologías de secuestro del dióxido de carbono y de tecnologías avanzadas y novedosas que sean ecológicamente racionales;

- ✓ Reducción progresiva o eliminación gradual de las deficiencias del mercado, los incentivos fiscales, las exenciones tributarias y arancelarias y las subvenciones que sean contrarios al objetivo de la Convención en todos los sectores emisores de gases de efecto invernadero y aplicación de instrumentos de mercado;
- ✓ Fomento de reformas apropiadas en los sectores pertinentes con el fin de promover unas políticas y medidas que limiten o reduzcan las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal;
- ✓ Medidas para limitar y/o reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal en el sector del transporte;
- ✓ Limitación y/o reducción de las emisiones de metano mediante su recuperación y utilización en la gestión de los desechos así como en la producción, el transporte y la distribución de energía; (ONU, 1998)⁶

Según las conclusiones a las que se llegó en este protocolo las naciones que lo conforman se asegurarán individual o conjuntamente, de que sus emisiones antropógenas agregadas, expresadas en carbono equivalente, de los gases de efecto invernadero contemplados en este protocolo, no excedan las cantidades atribuidas a cada nación, y dichas cantidades se calcularán en función de los compromisos cuantificados de limitación y reducción contemplados para cada una de ellas.

Acorde con este compromiso colectivo por parte de los que integran este protocolo, encontramos que la Huella de Carbono sirve de herramienta

⁶ ONU. Protocolo de Kyoto de la convención de las naciones Unidas. Kyoto. 1998. p. 2.

fundamental para el control y monitoreo de emisiones de gases de efecto invernadero consignadas en esta convención y que para efectos prácticos se expresan en unidades de carbono equivalente.

3.2.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los Gases de Efecto Invernadero (GEIs), considerados en el Protocolo de Kyoto son:

- Dióxido de Carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido Nitroso (N₂O)
- Hidrofluorocarbonos (HFC)
- Perfluorocarbonos (PFC)
- Hexafluoruro de Azufre (SF₆)

3.2.3.1 Dióxido de Carbono

“Este compuesto químico está formado por dos átomos de oxígeno y uno de carbono, es un gas incoloro e inodoro, que se genera posterior a la combustión de materia orgánica o combustibles como el carbón, el gas natural o el petróleo, donde el átomo de carbono presente en la

materia orgánica se une con dos de oxígeno generando este gas de efecto invernadero.”⁷

Según Baird y Cann⁸ el incremento de la concentración atmosférica de este gas es responsable por la fracción más grande del calentamiento global. El patrón de crecimiento del CO₂ está determinado por las emisiones generadas por la acción del hombre, donde la mayor fuente es el uso de combustibles, por parte de las industrias y el transporte.

No se puede calificar este gas como un contaminante debido a que su presencia en la tierra es normal y además imprescindible para el funcionamiento de la misma, ya que permite la fotosíntesis de las plantas, que captan el carbono y lo incorporan a las mismas convirtiéndolo en biomasa o material orgánico. El problema es que al encontrarse en grandes concentraciones tiene un notable impacto en el efecto invernadero, lo cual se desencadena en un aporte al calentamiento global.

3.2.3.2 Metano

Según Castells⁹ el metano es un gas compuesto por átomo de carbono y cuatro de hidrógeno, aunque el metano tiene una vida después de su liberación de entre diez y veinte años, su efecto de calentamiento del aire es mucho mayor, se dice que un kilogramo de este gas es hasta veintitrés veces más efectivo en el calentamiento del aire que la misma masa de dióxido de carbono, teniendo en

⁷AGA FanoS.A. .Hoja de Seguridad del Material: Dióxido de Carbono [Informe]. - Bogotá : [s.n.], 2005.

⁸BAIRD Colin, CANN Michael. Environmental Chemistry, Fourth Edition [Conferencia]. - New York : W.H. Reeman and Company, 2008.

⁹CASTTELLS Xavier. Tratamiento y Valoración Energética de Residuos [Conferencia]. - [s.l.] : Fundación Universitaria Iberoamericana, 2005. Capítulo 1.

cuenta que la vida media del CO₂ es mucho mayor y que su concentración ha aumentado mucho más, no se ha tenido tanta consideración sobre las emisiones de metano, hasta la fecha se habla que este gas ha producido un tercio del calentamiento global en relación con la producción de dióxido de carbono.

La producción de metano a la atmosfera se da en su mayoría por el proceso de descomposición anaeróbica, el cual se da por la descomposición de material que anteriormente estaba vivo, en ausencia de aire. En este proceso se convierte celulosa (2CH₂O) en metano y dióxido de carbono, en el ambiente natural este proceso se da comúnmente en pantanos donde hay material orgánico como árboles y plantas sin vida, prueba de esto es que a este compuesto se le solía llamar como gas de pantano. También debemos tener en cuenta la generación de este gas a causa de los humanos, esta se ve en los grandes botaderos de basura donde el material orgánico se descompone y por la ausencia de aire, al encontrarse en el fondo de dichos vertederos se genera el metano. En ocasiones este se utiliza como combustible pero cabe aclarar que la adaptación de rellenos sanitarios para estos fines es muy costosa y además se tiene un equivalente en emisiones de carbono.

3.2.3.3 Oxido Nitroso

Según Baird y Cann¹⁰ este gas está compuesto por un átomo de oxígeno y dos de nitrógeno, aunque su generación es mucho menor a la del metano o el dióxido de carbono se habla de una efectividad para contribuir con el calentamiento global de hasta 296 veces más que el CO₂. Se habla que la producción de este GEI por causas naturales es menor al 40%, la mayoría de estas emisiones se dan en los suelos de regiones tropicales. Por acción del hombre encontramos generación en

¹⁰BAIRD Colin, CANN Michael. Environmental Chemistry, Fourth Edition [Conferencia]. - New York : W.H. Reeman and Company, 2008. P. 242.

los procesos productivos del nylon donde al sintetizar una de las materias primas, como lo es el ácido adípico, se generan grandes cantidades de óxido nitroso.

3.2.3.4 Hexafluoruro de Azufre

Es el Gas de efecto invernadero menos conocido, tratándolo lo que dice Castells¹¹ hablamos de un gas que está compuesto por un átomo de azufre y seis de flúor, pero el hecho que sea poco conocido no significa que no lo debemos tener en cuenta, porque tiene un potencial de generación de calentamiento global 23900 veces mayor al del dióxido de carbono, además como los otros compuestos que poseen flúor su vida media es muy prolongada, hablamos de 3200 años para descomponer este GEI.

Este compuesto está presente en utilidades eléctricas, y más específicamente en la industria de los semiconductores donde se utiliza como gas de aislamiento. Cuando no se conocía su peligrosidad para el medio ambiente se ventilaba a la atmosfera en los procesos de mantenimiento rutinarios, hoy en día es reciclado en la mayoría de estos procesos.

3.2.3.5 CFCs

Basándonos en el análisis hecho por Baird y Cann¹² vemos este tipo de compuestos como la unión de átomos de carbono y átomos de flúor y cloro. Se dice que este tipo de compuestos son los que tienen mayor potencial para generar

¹¹CASTTELLS Xavier. Tratamiento y Valoración Energética de Residuos [Conferencia]. - [s.l.] : Fundación Universitaria Iberoamericana, 2005. Capítulo 1.

¹²BAIRD Colin, CANN Michael. Environmental Chemistry, Fourth Edition [Conferencia]. - New York : W.H. Reeman and Company, 2008. P. 244.

el calentamiento global. Estos gases son tan perjudiciales porque las uniones de sus átomos, son muy fuertes y por lo tanto tienen un largo tiempo antes que se descompongan en la atmósfera, se habla de una relación entre este gas y el CO₂ de 10.000 a 1 en contribución al calentamiento global, razón por la cual se prohibió el uso de este tipo de gases, el cuál era común en la industria de los aires acondicionados, donde se usaba de refrigerante.

Hoy en día se ha buscado reemplazar los CFCs por HCFCs y HFCs, los cuales tienen una menor vida en la atmósfera y por tanto su impacto ambiental es menor.

3.2.4 MERCADOS VERDES

El Mercadeo Verde es la búsqueda y obtención del posicionamiento de una marca o producto, el cual es producido teniendo en cuenta el cuidado del medio ambiente. La meta es aumentar las ventas, pero también mejorar la imagen de la empresa.

La comprensión de la población mundial sobre lo que puede pasar en el futuro si seguimos con esta misma actitud, prendió las alarmas en los mercados económicos globales que han estado en la búsqueda de crear nuevos productos y “tecnologías limpias” que satisfagan las necesidades humanas intentando ocasionar el menor impacto posible sobre el medio ambiente. La empresa debe estar muy pendiente sobre los avances de la tecnología y la ciencia, pues estas áreas del conocimiento marcan la pauta de los avances que se pueden realizar en materia ecológica. No obstante, tal responsabilidad se puede ver compensada con el mejoramiento del status de la marca de la empresa en el mercado, debido a que cada día, son más las personas que

admiran y premian comprando los productos de las compañías que mejoran sus procesos para evitar daños en el medio ambiente.¹³

3.2.5 GESTIÓN DE CALIDAD

La responsabilidad social empresarial (RSE), es la adopción de un sistema de gestión que les permiten a las empresas generar un mejoramiento social, económico y ambiental de forma integral.

La RSE ha sido identificada como la manera de enfocar de forma más estratégica las acciones que, en algunos casos, ya venían haciendo de una forma desestructurada y sin obtener todo el valor añadido para su enfoque estratégico.

Para dar un enfoque estratégico a la gestión de la responsabilidad social, se propone:

1. El desarrollo de Diagnósticos RSE.
2. La elaboración de un Plan acción RSE.
3. La publicación de memorias de sostenibilidad, según directrices GRI.¹⁴

¹³ BERRIO Sheyla. Mercadeo verde: otra forma de ayudar al mundo. Publicado en la Revista Dinero. 2006.

¹⁴ www.ecodes.com Ecología y Desarrollo. España.

3.2.5.1 Desarrollo de herramientas RSE

Ecología y Desarrollo lleva a la práctica algunas herramientas de RSE para integrar el enfoque estratégico a la gestión de la responsabilidad social en diversas instituciones:

De esta manera, se apoya a las organizaciones empresariales y sociales en la obtención de la visión completa y estructurada de sus actuaciones, comparándolas con su sector o el entorno, y detectando las acciones que generar valor añadido o refuerzan su estrategia y diferenciación.

Para ello, se realizan procesos de diagnóstico de responsabilidad social de las instituciones. También se generan procesos de identificación de los grupos de interés, teniendo en cuenta que una organización es socialmente responsable cuando responde satisfactoriamente a las expectativas que sobre su funcionamiento tienen los distintos grupos de interés.

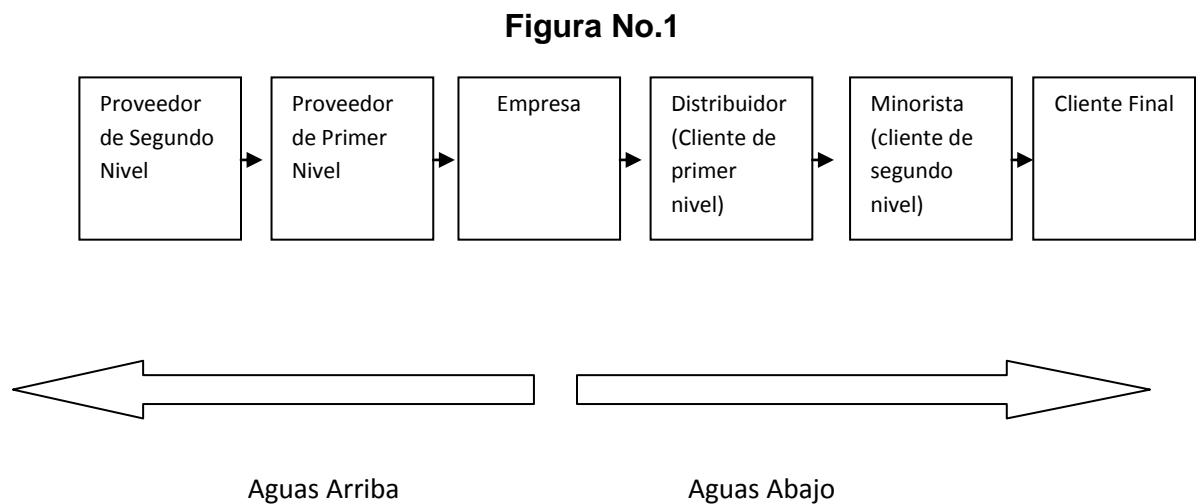
Ayudamos, por último, en la consecución de los objetivos de desarrollo del modelo de responsabilidad social, definiendo las acciones relevantes para alcanzar de manera organizada los objetivos identificados que permitan consolidar el modelo de gestión.

En cuanto al diálogo con los grupos de interés, utilizamos diversas posibilidades destacando las memorias de sostenibilidad, estando acreditados para la elaboración de las mismas según directrices del Global Reporting Initiative (GRI).

3.2.6 CADENA DE SUMINISTRO

Según la APICS (American Production&Inventory Control Society) una cadena de suministro se define como el conjunto de todos los procesos que involucran a los proveedores y sus clientes y conectan empresas desde la fuente inicial de materia prima hasta el punto de consumo del producto acabado. También se puede hablar del conjunto de funciones dentro y fuera de una empresa que garantizan que la cadena de valor pueda elaborar y proveer productos y servicios a los clientes.¹⁵

A continuación podemos ver un diagrama de representación de una cadena de suministro:



Fuente: Autores

Es importante resaltar que el flujo de la cadena puede ir en sentido Aguas Arriba (Ascendente), es decir, en el sentido del proveedor o puede ir Aguas Abajo

¹⁵PIRES Silvio, CARRETERO Luis. Gestión de la Cadena de Suministros [Libro]. - [s.l.] : McGraw Hill/interamericana de España, 2007. P. 23-29.

(Descendente), en el sentido de los clientes. Estos sentidos se relacionan con el producto, materias primas, insumos o materias primas.

Algunos especialistas hablan de no una cadena sino más bien una red de suministro porque no se habla de una cadena de negocios con relaciones de uno a uno, sino de una red de trabajo con diversos negocios y relaciones comerciales.

También es importante nombrar el término cadena productiva que se refiere al conjunto de actividades específicas de un sector industrial, es decir, que hablaríamos de la cadena productiva de la leche o del arroz las cuales no tienen mucha relación.¹⁴

La relación con la cadena de suministro es que esta puede formar parte de varias cadenas productivas al mismo tiempo, lo cual es determinado por las características del producto final. Por ejemplo si vemos la cadena de suministro del pan, podemos ver varias cadenas productivas como la de la leche, la harina, el azúcar, entre otras.

Ahora bien es importante definir cada uno de los términos presentados en el diagrama ilustrado con anterioridad; Proveedor, empresa Cliente. Los proveedores son los encargados de suministrar a la empresa los insumos y materias primas necesarias para la fabricación de un producto o la prestación de un servicio. Cuando hablamos de la empresa, nos referimos a los procesos necesarios para transformar esos insumos y materias primas que hemos recibido de los proveedores en un producto final al cual le hemos agregado valor en la empresa. Por último cuando hacemos referencia al cliente estamos hablando de el destino final de nuestro producto o servicio, y el cliente de la empresa puede ser un distribuidor, un minorista o el consumidor final, dependiendo del tipo de producto.

3.2.7 MAPPING DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

Luego de analizar varios textos (Alan Braittwaite, 2009)¹⁶ y (Faruk Adam, 2002)¹⁷ el mapping de una cadena de abastecimiento nos ilustra en forma de diagrama las diferentes actividades que intervienen en el proceso logístico necesario para la elaboración de un producto. Es importante clasificar dentro de una cadena de abastecimiento tres actividades principales; inventario, desplazamiento y conversión.

3.2.7.1 Inventario, Desplazamientos y Conversión

El inventario se refiere al almacenamiento de insumos, materias primas, producto en proceso o producto terminado; y el cual requiere tanto de un espacio, y de unas condiciones específicas dependiendo de lo que se va a almacenar, así por ejemplo si nuestras materias primas necesitan estar a ciertas temperaturas, el lugar del cual se va a disponer necesita tener unas condiciones de refrigeración acordes con los requerimientos de lo que se va a almacenar.

Los desplazamientos son los procesos relacionados con el movimiento de los componentes necesarios para la elaboración del producto, vemos ejemplos desde que la materia prima llega a nuestro almacén, teniendo en cuenta el recorrido desde la bodega de producto terminado de nuestro proveedor y nuestra bodega de materias primas. No solo debemos tener en cuenta recorridos externos a la empresa sino también recorridos dentro de la empresa, como cuando tenemos

¹⁶Alan Braittwaite, D. K. (2009). *Evaluating a Supply Chain's Carbon Footprint*.

¹⁷Faruk Adam, L. R. (2002). *Analyzing, Mapping, and Managing Enviromental Impacts Along the Supply Chains*. Massachusetts.

desplazamiento de producto en proceso, es decir cuando se lleva el producto sin terminar de un proceso a otro.

La conversión se refiere al conjunto de actividades necesarias para transformar las materias primas en un producto terminado, por ejemplo en un proceso de curtiembre donde recibimos la piel del animal y la hacemos pasar por procesos tales como el curtido, dentro del cual hay actividades de desengrasado, adobado, escurrido, entre otras, y luego pasamos el producto en proceso a tintura y luego acabado; estos son ejemplos de conversiones que recibe la materia prima y donde se le agrega valor dependiendo de las especificaciones del cliente, para llegar a un producto terminado.

Para efectos del diagrama se le dan a cada componente; conversión, desplazamiento e inventario, un símbolo específico con el cual se puede identificar dentro del diagrama.

El primer paso para hacer un mapa de la cadena de abastecimiento es en una escala de tiempo identificar y graficar los tres tipos de proceso en la secuencia en que van ocurriendo cada uno. Con este gráfico podremos tener una visión global de nuestra cadena, pero para nuestros fines esto no sería más que un diagrama de flujo si no está relacionado con un análisis de la cantidad de emisiones de dióxido de carbono generadas en cada una de las actividades que componen la cadena de abastecimiento.

Para este análisis el primer paso ya lo mencionamos y es hacer un análisis gráfico lo más claro y completo posible, representando en paralelo los diferentes componentes de esta cadena, es decir, si tenemos dos desplazamientos de dos materias primas diferentes y que se hacen al mismo tiempo, esto debe ir en el diagrama tal cual ocurre, teniendo en cuenta en la línea de tiempo que son

desplazamientos paralelos, igual si se trata de procesos de conversión o almacenamiento.

El segundo paso es extraer y normalizar datos de consumo energético y emisiones, aquí no sobra resaltar la importancia de la calidad de la información que se utiliza en el proceso, teniendo en cuenta una frase muy utilizada en los procesos de simulación “*Garbage in, garbage out*”, y que significa que la calidad de los resultados depende de la calidad de los datos que medimos y utilizamos en el proceso. Para efectos de estas mediciones, se deben utilizar sistemas de medición confiables, haciendo una evaluación previa de los datos necesarios y que esperamos obtener del proceso, para esto se deben utilizar conceptos de análisis de reacciones químicas, para dependiendo de las materias primas utilizadas y teniendo en cuenta las condiciones a las que se someten, sepamos qué tipo de emisiones esperamos tener y así saber qué tipo de datos vamos a medir. Cuando hablamos de normalización de los datos, no es más que tomar los diferentes tipos de emisiones que se generan y convertirlos en unidades equivalentes de dióxido de carbono, en nuestro tendremos en cuenta los Gases de Efecto Invernadero establecidos en el Protocolo de Kyoto.

El tercer paso de este proceso de mapping se refiere a la congregación de todos los datos que hemos extraído y normalizado, relacionándolos con el diagrama elaborado en nuestro primer paso y haciendo las sumatorias necesarias, con el fin de evaluar toda la cadena de abastecimiento en cuanto a generación de dióxido de carbono en unidades equivalentes.

3.2.8 REACCIONES QUÍMICAS

Una reacción química es un proceso por el cual una o más sustancias, llamadas reactivos, se transforman en otra u otras sustancias con propiedades diferentes.

En una reacción química, los enlaces entre los átomos que forman los reactivos se rompen. Entonces, los átomos se reorganizan de otro modo, formando nuevos enlaces y dando lugar a una o más sustancias diferentes a las iniciales. Con objeto de comunicarse entre sí con respecto a las reacciones químicas, los químicos han desarrollado una forma estándar para representarlas por medio de ecuaciones químicas. Dadas las dimensiones de los átomos, moléculas o iones, en una reacción química toman parte tal número de partículas que sería impensable un choque simultáneo y adecuado de todas las partículas de los reactivos.

Por otro lado según Raymond Chang¹⁸, generalmente, no toda la masa de reactivos se transforma íntegramente en productos, porque no todos los choques que se verifican dan lugar a la ruptura de enlaces; por eso para que tenga lugar una reacción química los choques deben ser eficaces y cumplir las dos condiciones siguientes:

1. Que los átomos, moléculas o iones de los reactivos posean suficiente energía (cinética), para que al chocar, puedan romperse sus enlaces y formarse otros nuevos.
2. Que el choque se verifique con una orientación adecuada, pues aunque los átomos, moléculas o iones tengan la suficiente energía, puede suceder que el choque no sea eficaz, por tener lugar con una orientación desfavorable.

Por tanto, para que una reacción química tenga lugar, es necesario que los átomos, moléculas o iones existentes entren en contacto, es decir, choquen, y mediante la colisión, se rompan los enlaces de las sustancias reaccionantes y se establezcan los nuevos enlaces.

¹⁸Raymond Chang. Química de Chang, Novena Edición [Libro]. - Capítulo 3 P. 92

La energía mínima requerida para efectuar una reacción se la llama energía de activación. De esta forma, se puede imaginar que una reacción química transcurre por un cierto camino de reacción, parecido a la carrera de un atleta que debe efectuar un salto de pértiga. La altura de listón se asemeja a la barrera energética que constituye la energía de activación, y que debe superarse para que la reacción química tenga lugar. No se deben confundir los conceptos energía de reacción con energía de activación, pues hacen referencia a aspectos distintos de una reacción química. La energía de reacción proporciona el balance energético que acompaña a una reacción química, independientemente de cómo se verifique la reacción. La energía de activación se refiere a la barrera energética que hay que vencer para que tenga lugar la reacción química.

3.2.9 BALANCE DE MASA

Según CENGEL y BOLES¹⁹ una de las leyes básicas de la física es la ley de la conservación de la masa. Esta ley, expresada en forma simple enuncia que la masa no puede crearse ni destruirse (excluyendo, por supuesto, las reacciones nucleares o atómicas). Por consiguiente, la masa (o el peso) total de todos los materiales que intervienen en el proceso debe ser igual a la de todos los materiales que salen del mismo, más la masa de los materiales que se acumulan o permanecen en el proceso.

$$\text{Entradas} = \text{Salidas} + \text{Acumulación}$$

En la mayoría de los casos no se presenta acumulación de materiales en el proceso, por lo que las Entradas son iguales a las Salidas. Expresado en otras palabras "lo que entra debe salir". A este tipo de sistema se le llama proceso en estado estacionario.

¹⁹CENGEL Yunus, BOLES Michael. Termodinámica, Quinta Edición [Libro]. - D.F., México : McGraw-Hill, 2006. P. 774.

Entradas = Salidas

3.2.10 USO Y CONSUMO ENERGÉTICO

Según la definición de (Cengel Yunus)²⁰, la energía puede existir en varias formas; térmica, mecánica, cinética, potencial, magnética, nuclear y química, y según la primera ley de la termodinámica esta no se crea ni se destruye, sino que cambia de una forma a otra. La energía también se define como la capacidad de realizar trabajo.

Basándonos en información de Castells²¹ la mayoría de la energía comercial en el mundo es producida por medio de la quema de combustibles fósiles, entonces estaríamos hablando de fuentes energéticas. Estas se pueden clasificar dependiendo de si provienen de fuentes renovables o no renovables. Dentro de las fuentes no renovables encontramos el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio. Por otra parte las fuentes renovables que se han identificado son la energía hidráulica, solar, eólica, de biomasa, geotérmica y mareomotriz.

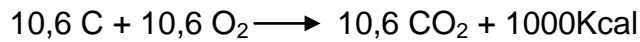
Para efectos de nuestro proyecto hablaremos sobre las no renovables que son las que causan emisiones, de gases de efecto invernadero, y por tanto son necesarias para nuestro análisis de consumo energético y también teniendo en cuenta que la mayoría de las industrias hoy en día trabaja con fuentes energéticas no renovables.

²⁰CENGEL Yunus, BOLES Michael. Termodinámica, Quinta Edición [Libro]. - D.F., México : McGraw-Hill, 2006. Capítulo 2.

²¹CASTELLS Xavier. Tratamiento y Valoración Energética de Residuos [Conferencia]. - [s.l.] : Fundación Universitaria Iberoamericana, 2005. Capítulo 1.

Debemos tener en cuenta que las fuentes energéticas no renovables no tienen el mismo impacto en emisiones, a continuación presentamos las reacciones químicas y su interpretación, para la generación de la misma cantidad de energía:

Carbón



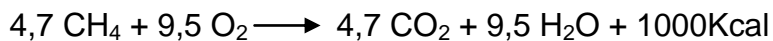
Con la utilización de 10,6 moléculas de carbono y 10,6 moléculas de oxígeno generamos 10,6 moléculas de dióxido de carbono y 1000 kilo calorías.

Petróleo



Con la utilización de una molécula de C_6H_{14} y 9,6 moléculas de oxígeno generamos 6 moléculas de dióxido de carbono, 7,1 de H_2O y 1000 kilo calorías.

Gas natural



Con la utilización de 4,7 moléculas de CH_4 y 9,5 moléculas de oxígeno generamos 4,7 moléculas de dióxido de carbono, 9,5 de H_2O y 1000 kilo calorías. Podemos ver claramente que el gas natural es el que menos emisiones de dióxido de carbono tiene, es decir, el que tiene un menor impacto en el medio ambiente en el proceso de combustión.

3.2.10.1 Petróleo

Es un líquido formado por una mezcla de hidrocarburos, de los que se obtiene gasolina, diesel, gasóleo, asfaltos. Su composición depende del lugar donde se ha formado. La producción de energía a partir de petróleo está ligada a diversos

factores medioambientales. Por ejemplo, en los procesos de combustión se generan emisiones de gases como el SO_2 , CO_2 , NO_x , CH_4 , entre otros. Y la quema no es el único punto donde se genera un impacto al medio ambiente, hay que tener en cuenta que los procesos de extracción y almacenamiento generan variedad de residuos sólidos, cenizas y fangos.

3.2.10.2 Carbón

El carbón es un tipo de roca formada principalmente por carbono y otros compuestos en menor medida. En función de las presiones y temperaturas de formación se pueden encontrar diversos tipos de carbón: turba, lignito, hulla y antracita. A medida que se aumenta la presión y la temperatura el carbón es más compacto, y por tanto posee mayor cantidad de carbono y tiene un mayor poder calorífico. La turba es el que tiene menor poder calorífico y va aumentando, a lignito, hulla y la antracita es la que posee el mayor poder calorífico del carbón.

Esta es un combustible fósil que genera importantes impactos ambientales, y al igual que el petróleo no solo en su utilización sino también en sus fases de extracción, almacenamiento y transporte. Dentro de los residuos que se pueden generar a partir de la extracción energética por parte del carbón tenemos residuos sólidos como escorias, estériles de mina, entre otros; emisiones atmosféricas como material particulado, CO_2 , SO_2 ; también podemos tener vertimientos al agua como sulfatos y metales pesados.

3.2.10.3 Gas Natural

El gas natural tiene como principal compuesto el metano y además contiene otros en menores cantidades como el propano y butano. Esta fuente energética tiene

diversos impactos ambientales, empezando por su transporte, ligado a posibles fugas de metano el cual es un gas de efecto invernadero. A diferencia de las fuentes energéticas mencionadas anteriormente esta, genera bajas emisiones de óxidos de azufre.

4. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1 PROYECTO DE GRADO

De acuerdo a la metodología al manual de procedimientos de proyecto de grado²² de Ingeniería Industria de la Universidad Icesi, el proyecto de Grado tiene como objetivo que los estudiantes consoliden y complementen la formación adquirida durante sus estudios en el Programa de Ingeniería Industrial, mediante actividades específicas, inéditas y creativas integrando los conocimientos adquiridos, con las técnicas y tecnologías disponibles y evaluando su posible implementación empresarial. El Proyecto de grado del programa de Ingeniería Industrial, se realiza en dos etapas (Anteproyecto y Desarrollo del proyecto). Cada una de las etapas tiene dos fases de evaluación (Fase I: evaluación de la planeación, estructura y desarrollo del trabajo y Fase II, evaluación de la sustentación).

4.2 METODOLOGÍAS INTERNACIONALES

A nivel internacional, existen diferentes protocolos o guías que permiten realizar el cálculo de la huella de carbono²³. Entre los que se destacan:

²² Ing. Katherine Ortegón. *Manual de Procedimientos Proyecto de Grado* [.pdf]. - Universidad Icesi, Junio 26 de 2007.

²³ Tomado de: *Base de datos ProChile* (Dirección de Promoción de Exportaciones - Dirección General de Relaciones Económicas Internacionales del Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile)

- GHG Protocol: que fue desarrollado por el Instituto de Recursos Mundiales (WorldResourcesInstitute- WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (World Business Council forSustainableDevelopment), en conjunto con empresas y organizaciones no gubernamentales. Tiene un enfoque corporativo.

Esta metodología se basa en el inventario y reporte de los gases de efecto invernadero relacionados con la actividad que se esté analizando. Estas emisiones son identificadas en todo lo relacionado a actividades y operaciones que se llevan a cabo en la organización donde se está utilizando dicha metodología. Toda esta operación se realiza por medio de un software propio de la empresa que se encarga de aplicar lo anteriormente mencionado.

- PAS 2050:2008: elaborado por el Instituto de Normalización Británico (British Standard Institute), en conjunto con empresas, universidades y organizaciones internacionales. Tiene un enfoque de ciclo de vida de las emisiones procedentes de las actividades relativas tanto a la producción de bienes como de servicios.

Por medio de esta metodología se evalúa el producto como tal, teniendo en cuenta su configuración y diseño, también se hace un análisis de las materias primas, los insumos y los métodos de fabricación. Además la compañía que se encarga de aplicar esta metodología apoya a la empresa proveedora de los bienes o servicios con mejoras que llevan a reducir la emisión de gases de efecto invernadero, base principal del indicador de huella de carbono.

- Protocolo del Vino: elaborado por distintas agencias internacionales. Tiene especificidad geográfica (USA, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Australia). Clasifica las emisiones de CO2 en tres niveles y el cálculo de la Huella de carbono está asociado a todas las actividades de la empresa.

4.3 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Primero identificaremos los componentes esenciales de la cadena de abastecimiento del proceso productivo de la loción, para poder así reconocer las emisiones de GEI's en el proceso.

Se inicia identificando las materias primas involucradas, para realizar su respectivo análisis de procedencia y características químicas, ya que existe la posibilidad de generarse volatilidad de las materias durante el proceso productivo, siendo estas posibles emisiones de CO₂. En cuanto a la procedencia de la materias, por tratarse de una industria cosmética, los núcleos (fragancias) son importados desde Francia, por lo tanto se va tener en cuenta las distancias recorridas desde el puerto de Calais (Francia) hasta el puerto de B/Ventura y a partir de ahí su respectivo trayecto terrestre a nivel nacional, todo esto con el fin de calcular las emisiones de CO₂ generadas por el combustible del transporte.

Luego se procederá a realizar una recolección de datos de consumo de energía eléctrica y de combustibles por área. Estos datos se les deberán hacer una conversión para poder ser trabajados bajo una misma unidad (emisiones de carbono equivalentes). Esta información será consolidada en una tabla dinámica en Microsoft Excel, en donde se reconocerá por área que componentes están generando emisiones y su respectivo traspaso a emisiones de carbono equivalente. Finalmente todas las emisiones de carbono serán diagramadas en un Mapping para ser contabilizadas y así obtener el total de emisiones de carbono equivalentes de todo el proceso productivo de la loción, de esta forma obtendríamos nuestro indicador de huella de carbono.

5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1 COMPONENTES ESENCIALES DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO

Tendremos en cuenta el transporte de las materias primas necesarias para la producción de la loción, se identificaron dos tipos de transporte; marítimo y terrestre, provenientes desde el exterior.

El proceso productivo de la loción comienza con la recepción de las materias primas en una bodega destinada para este fin, llamada bodega de materias primas. Posterior a la llegada se le hacen pruebas de calidad para medir las condiciones en que dichos materiales llegan y se pasa a ubicarlas en unas estanterías donde permanecen como inventarios, hasta el momento en que se produce una orden de producción. A partir de aquí se procede a seleccionar las materias primas correspondientes, prosiguiendo a pesarlas en las cantidades requeridas para cumplir con la orden de producción.

Por su parte al llegar la orden de producción a dicha área se procede a hacer la limpieza respectiva de las marmitas donde se mezclaran las materias primas para la elaboración de la loción. Una vez transportadas las materias primas desde la bodega de almacenamiento hacia el área de producción se da inicio a la producción.

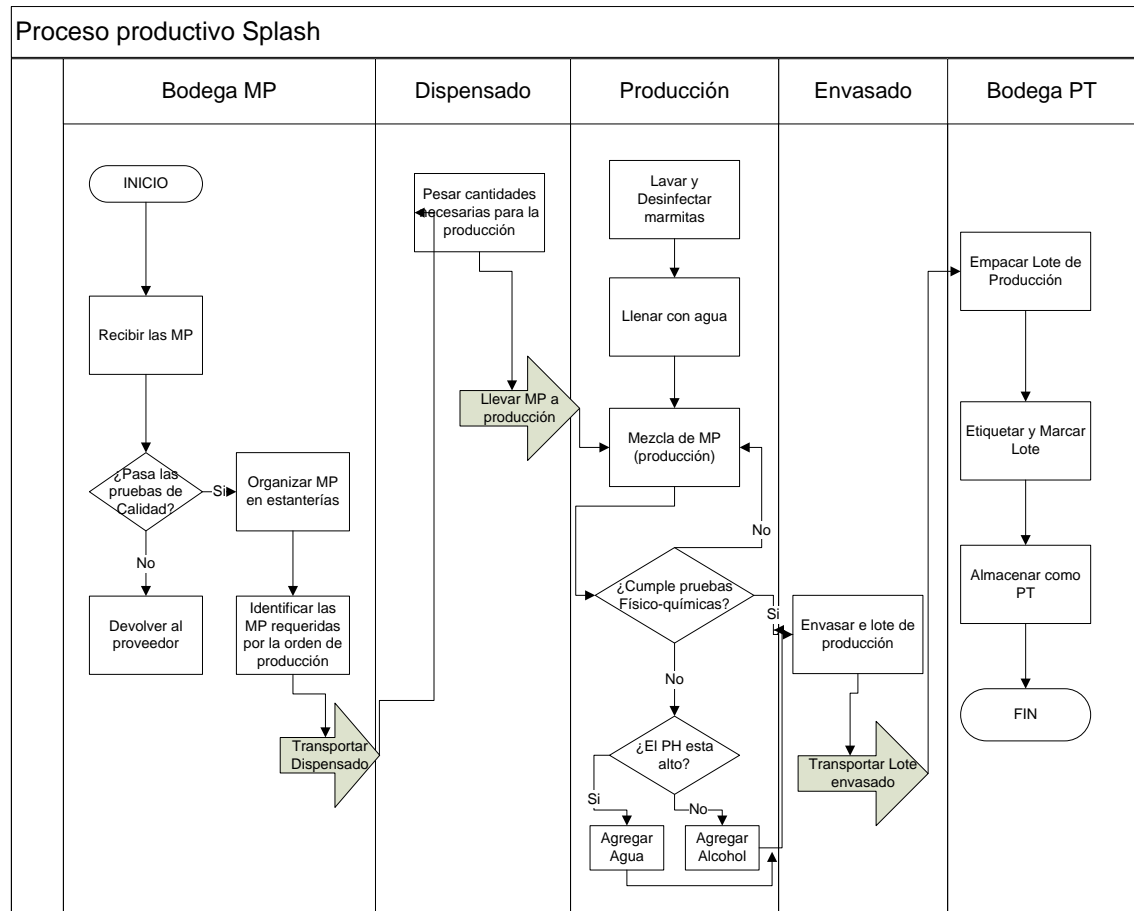
Para empezar se llena una marmita con alcohol etílico, el cual es dispuesto por medio de una bomba neumática accionada por un compresor, destinado para este y otros fines productivos, ajenos a nuestro análisis. Posterior a agregar el alcohol se incorporan las otras materias primas, cuyas medidas son muy pequeñas en proporción a la cantidad de alcohol que se agrega. Por último se agrega agua a la

marmita y se deja circulando por medio de la bomba neumática por un tiempo razonable, de acuerdo al proceso preestablecido. Luego de terminado el proceso se cambia el contenido de la loción de marmita y se deja macerando por dos de días.

Terminada la elaboración de la loción se aplican dos tipos de pruebas, donde se extraen pequeñas cantidades del lote producido y se llevan al laboratorio de calidad, aquí se les aplican dos tipos de pruebas; las fisicoquímicas que tienen un corto periodo de duración, por lo que después de realizadas y aprobadas se da la orden para envasar el lote de producción. El resultado de esta prueba determina el despacho del producto al final del proceso.

Una vez envasado el lote producido se transporta al área de empaque donde se tienen en cuenta las especificaciones del cliente, expresada en la orden de producción, entonces es empacado, marcado y etiquetado, posteriormente es transportado a la bodega donde se almacena el producto terminado para su posterior despacho y distribución al cliente.

Figura No.2



Fuente: Autores

5.2 EMISIONES DE LAS MATERIAS PRIMAS

Posterior a la identificación de las materias primas, por medio de la revisión tanto teórica como práctica del proceso productivo de la loción, se analizó la posible generación de gases de efecto invernadero, por parte de las mismas. Se encontró que de la totalidad de la loción cerca del 96.28% está compuesta por agua y principalmente por alcohol. Estas dos materias primas al evaporarse no generan ningún GEI, por lo que consideró importante mencionar que la generación de

estos gases por medio de la evaporación de las materias primas del producto es insignificante, y se omitirá de los cálculos del indicador de huella de carbono.

Se tiene en cuenta que la evaporación de las materias primas correspondientes al 3.72% restante no genera un impacto significativo, por lo que procedemos a no tomarlas en cuenta. Es decir, que este pequeño porcentaje no aportaría una cantidad significativa de emisiones, de ser consideradas el resto de las materias primas como objeto de análisis químico.

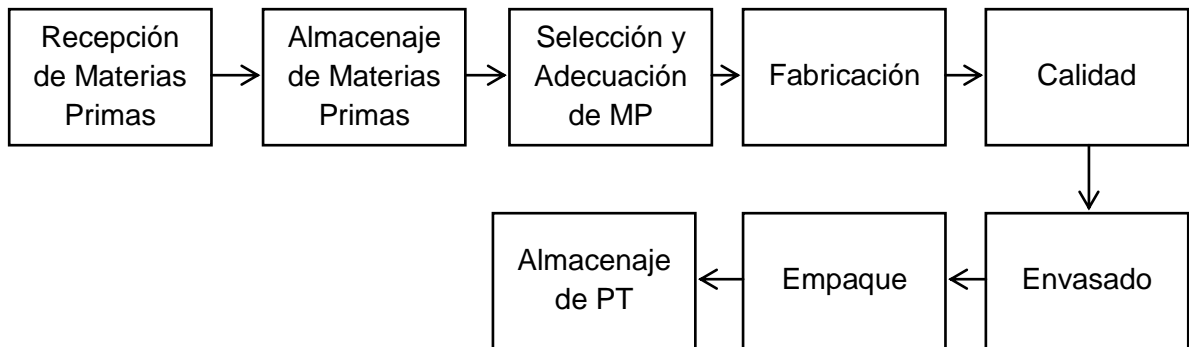
Se debe también mencionar que con esta exclusión de los cálculos de la huella tampoco se está teniendo en cuenta el verdadero impacto de la utilización de dichas materias primas, es decir, lo que respecta al proceso productivo de cada una de ellas. Esto debido a que se definieron como límites del indicador el transporte de llegada de las materias primas necesarias para el proceso y el almacenaje de producto terminado, en el centro de distribución.

5.3 CONSUMO ENERGÉTICO

Para el cumplimiento de este objetivo es importante mencionar que se realizó anteriormente en la empresa un indicador de huella de carbono para otros productos y por tanto teniendo en cuenta otros procesos productivos. Se menciona esto porque en la zona de producción de la empresa se comparten cierta cantidad de equipos para los diferentes procesos productivos que se llevan a cabo. Equipos como lámparas de mercurio, extractores, aires acondicionados, computadores, entre otros.

Cumplido el primer objetivo, se pasó a realizar una estructuración del proceso productivo, teniendo en cuenta la delimitación hecha en la supply chain para el cálculo del indicador, entonces se estructuró en áreas de la siguiente forma:

Figura No.3



Fuente: Autores

Con esta estructuración del proceso por áreas se da el primer paso para la aplicación de una metodología que permita la obtención del indicador de huella de carbono. Habiendo definido cada una de las áreas donde se necesita analizar el consumo eléctrico, directamente relacionados con los equipos utilizados en cada una de las etapas del proceso, se prosiguió a hacer un inventario de dichos equipos.

En cada uno de estos equipos se analizó su fuente energética, es decir, si funcionaba con energía eléctrica o con algún combustible. Se pudo ver que la mayoría de los equipos funciona con energía eléctrica, que es suministrada por los servicios públicos del municipio. Teniendo en cuenta la fuente energética se estableció su consumo energético, para el caso de los equipos cuya fuente energética es combustibles, se analizaron datos relacionados con la eficiencia, el tiempo de utilización y el consumo de dicho combustible. En el caso de los equipos eléctricos se indagó en información referente al tiempo de utilización y la potencia eléctrica que en muchas ocasiones se dedujo de datos como el voltaje y

el amperaje de los equipos. La mayoría de estos datos se obtuvo de las placas descriptivas del consumo eléctrico.

Un ejemplo de las tablas usadas en el documento de Excel (Del cual se hablará en el cálculo del indicador) es el siguiente:

Tabla No.1

Equipos de Funcionamiento del Área de Fabricación						
Equipo de Fabricación	Cantidad	Tiempo de Uso	Potencia Eléctrica	Consumo Energético	Factor de Equivalencia	Emisiones de CO2
Lámpara de Tubos Fluorescente	8	4	0.032	1.024	0.4111	0.0001238
Aire Acondicionado	1	3	4.4	13.2	0.4111	0.001596
Compresor eléctrico	1	4	29.82849	119.31394	0.4111	0.0144265

Fuente: Autores

Para ser más eficientes en la recolección de estos datos se tuvo en cuenta los proyectos de grado realizados sobre otros procesos productivos de la empresa, debido a que en algunas ocasiones la utilización de ciertos equipos en el proceso productivo de la loción coincidían con los analizados en las huellas de carbono realizadas con anterioridad. Es decir, que se contaba con los consumos energéticos de varios equipos, difiriendo principalmente en el tiempo de uso, pero conservando la misma potencia eléctrica.

5.4 CALCULO DEL INDICADOR

En lo correspondiente a la obtención del indicador, se empezó por analizar las diferentes metodologías de huella de carbono que tienen mayor importancia en el medio. Se recopilaron los requerimientos indispensables para la obtención del indicador, entre los más importantes encontramos el consumo energético tanto directo como indirecto, las materias primas, procesos de desplazamiento, entre otros.

Por medio del software de Microsoft, Excel se diseñaron diversos tipos de tablas dinámicas correspondientes a evaluar el consumo energético y de combustibles de los diferentes equipos, recopilados en el objetivo anterior. Se dividieron por áreas de la supply chain, dentro de los límites preestablecidos, evaluando el nivel de emisiones de carbono equivalente de cada una de estas áreas.

En la tabla No. 1 podemos observar un claro ejemplo del tipo de tablas elaboradas para el análisis de cada una de las áreas del proceso. A su vez esta división por áreas es fundamental para la elaboración gráfica del mapping de la supply chain. Luego se sumaron las emisiones de cada una de las áreas anteriormente definidas (Recepción de Materias Primas, Almacenaje de Materias Primas, Selección y Adecuación de Materias Primas, Fabricación, Calidad, Envasado, Empaque y Almacenaje de Producto Terminado), para de esta forma obtener el indicador de huella de carbono.

Cabe aclarar que los proyectos de grado elaborados por el grupo de Ana María Fernández y Luis Felipe Manzano Y Tulio Sánchez y Luz Stela Vargas, sirvieron de base al igual que las metodologías de huella de carbono, para la elaboración de dicha herramienta.

Tabla No.2

Almacenaje de Materias Primas	0.065292
--------------------------------------	----------

Equipos de Funcionamiento del área de almacenaje de MP						
Equipo de Funcionamiento del área de	Cantidad	Tiempo de Uso (Horas)	Potencia Eléctrica (kW)	Consumo Energético	Factor de Equivalencia	Emisiones de CO2
Lámpara de Mercurio	6	180	0.25	270	0.4111	0.0326462
Aire Acondicionado	1	360	0.75	270	0.4111	0.0326462

Fuente: Autores

En la tabla No. 2, encontramos un ejemplo de las tablas elaboradas para el cálculo del indicador, por medio de Excel, podemos observar que se está teniendo en cuenta el área de almacenaje de materias primas, donde se analiza el consumo energético de las lámparas de mercurio y el aire acondicionado. Para las lámparas de mercurio vemos que se tienen 6 unidades, se utilizan 180 horas, y cada una de estas emplea una potencia eléctrica de 0.25 kW (KiloWatts), lo que permite un consumo eléctrico de 270 kW/h, y contando que la energía eléctrica es suministrada por la Hidroeléctrica ubicada en salvajina, se emiten 0.0326 Kg de CO2 equivalente.

Posterior a la obtención de las emisiones de carbono de las lámparas de mercurio, se aplica el mismo análisis al aire acondicionado y se obtiene una emisión de 0.0326 Kg de CO2 equivalente. Luego se suman las emisiones de estos dos equipos para consolidar las emisiones parciales del área de almacenaje de materias primas que en la tabla No.1 se pueden observar y corresponden a 0.06529 Kg de CO2 equivalente.

Esta operación se repite en las otras áreas definidas anteriormente, siempre teniendo en cuenta los equipos tanto de utilización directa del proceso como los equipos de apoyo como compresores y luminarias.

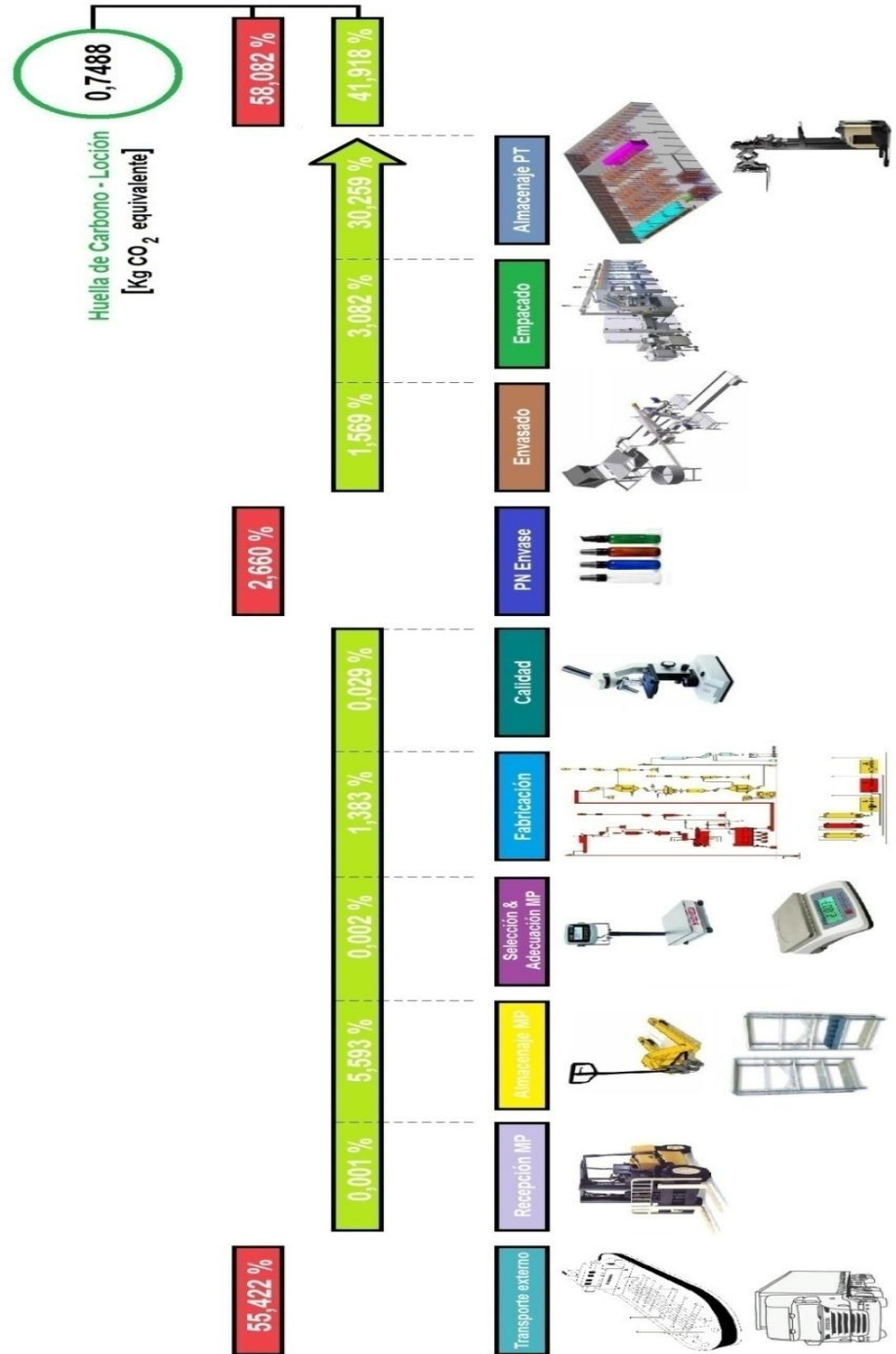
Es importante rescatar los puntos clave que se tienen en cuenta en las tablas realizadas en el libro de Excel, estos corresponden a cantidad de equipos, tiempo de uso de cada equipo, potencia eléctrica, factor de equivalencia (este depende de la fuente generadora de electricidad, es decir, para el valle del cauca se obtiene procedente de la represa de salvajina), y por último las emisiones del equipo analizado. Este proceso se repite en cada una de las tablas donde se tiene en cuenta el consumo eléctrico.

Para el caso de las emisiones generadas por el transporte, tanto marítimo como terrestre, se tienen en cuenta distancia, carga promedio y producción de gases contaminantes promedio dependiendo del tipo de transporte; Se obtuvo el kilometraje aproximado entre el puerto de Calais y B/Ventura a partir de las rutas de navegación mundialmente estandarizadas y los recorridos terrestres nacionales de acuerdo a la actual malla vial del país entre el puerto de B/Ventura – Cali y Cali – Bogotá. Estos valores se multiplicaron por su respectivo valor equivalente de CO₂ (según si el trayecto fue por agua o por carretera), teniendo en cuenta que este depende las toneladas de carga. El cálculo se hizo con base a un contenedor promedio de 20 pies x 33 m³, el cual contiene una carga neta de 20 toneladas. Para el caso del trayecto por agua, se calculó con un barco carguero promedio, que tiene capacidad de 1200 unidades de contenedores.

Luego de tener las emisiones generadas por cada una de las áreas involucradas en el proceso, estas emisiones se tienen en cuenta en la suma total que consolida el indicador de huella de carbono.

Al final se obtiene un indicador que varía dependiendo del tipo de presentación de la loción, es decir es flexible tanto al tipo de envase como al contenido del envase, esto quiere decir, que el resultado del indicador se puede analizar desde las diversas presentaciones (Cantidad) que se ofrecen en la organización. Ha sido mencionado anteriormente, pero se considera pertinente recalcarlo, que el indicador está limitado inferiormente en la supply chain por el transporte de materias primas hasta el lugar del proceso productivo, y superiormente por el almacenaje de producto terminado en el centro de distribución.

Figura No.4 (Mapping de la cadena de abastecimiento)



Fuente: Autores

Con el fin de tener un acercamiento a una realidad más cotidiana, se procedió a comparar los resultados de la huella de carbono dependiendo de la presentación del producto con el número de kilómetros recorridos por un carro, es decir, que la comparación se hace teniendo como factor común las emisiones generadas por ambos, dependiendo de la presentación del producto, y el modelo del automotor así varía el número de kilómetros que este último puede recorrer.

En la siguiente tabla observaremos un ejemplo:

Tabla No.3

Cantidad del Lote en Unidades	3400	Unds. de Loción
Presentación	400	ml de loción
Huella de Carbono-Loción	1.141282053	kg de CO eq.
Chevrolet-Spark	9.590605484	Km recorridos

Fuente: Autores

Tenemos entonces que para un lote de la presentación de loción de 400ml se emite la misma cantidad de kilogramos de CO₂ equivalente, que lo generado por un Chevrolet Spark que recorre 9,59 kilómetros.

Para la realización de esta comparación se consultó una fuente donde se encuentran las emisiones de CO₂ promedio dependiendo del tipo de vehículo, se escogieron los modelos más comunes en la ciudad de Cali, como más comunes, se refiere a los que más se encuentran por las calles.

Para hacer una comparación más global, se investigó una empresa cosmética en el exterior LVMH (Louis Vuitton. MöetHennessy), la cual tiene un tamaño mucho mayor en cuanto a producción e infraestructura. Haciendo un comparativo, teniendo en cuenta la producción anual de emisiones, estaríamos hablando de

una generación cerca de 15 veces más baja en la empresa donde se elaboró el indicador. Hay varios factores que pueden influir en esta comparación; desafortunadamente no se pudo obtener el dato por un producto sino solo la generación global de varios productos. Además hablamos de una empresa europea donde los controles y las tecnologías utilizadas son mucho más amigables con el medio ambiente, debido a regulaciones del gobierno y a la conciencia ambiental que se tiene en ese territorio. Por otra parte esta comparación se ve afectada debido a que no se obtienen datos de la delimitación para el cálculo de emisiones de CO2 equivalente en la empresa extranjera.

Es importante mencionar que lo ideal sería hacer una comparación con un competidor directo o por lo menos una empresa con una producción o tamaño semejante. Debido a que el concepto de este indicador (Huella de Carbono) apenas está empezando a tener acogida en la industria colombiana, se dificultó encontrar dichos datos para hacer un comparativo más pertinente.

Como resultado final para una presentación de 220ml de loción, obtuvimos que se genera 0.7488 Kg de CO2 equivalente, correspondiente al análisis de las diferentes áreas en la supply chain.

Tabla No.4

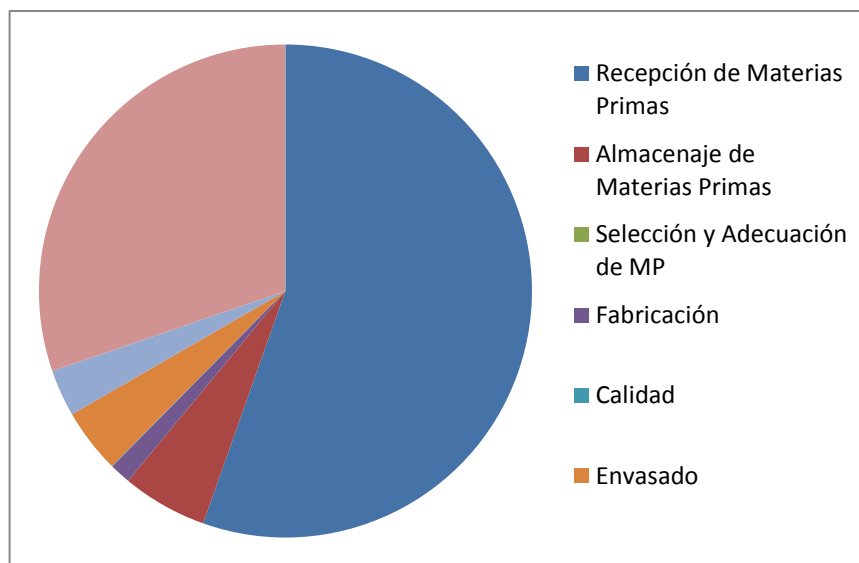
Cantidad del Lote en Unidades	5300	unidades de Loción
Presentación	220	ml de loción
Huella de Carbono-Loción	0.748871692	kilogramos de CO2 eq
Chevrolet-Spark	6.293039429	Kilometros recorridos
Producción anual	228	Lotes
Emisiones de CO eq. Anuales	909.9205591	Toneladas de CO2 eq.
Recepción de Materias Primas	0.415043472	Kilogramos de CO2 eq
Almacenaje de Materias Primas	0.04188566	Kilogramos de CO2 eq
Selección y Adecuación de MP	1.34771E-05	Kilogramos de CO2 eq
Fabricación	0.010358009	Kilogramos de CO2 eq
Calidad	0.000218555	Kilogramos de CO2 eq
Envasado	0.031667934	Kilogramos de CO2 eq
Empaque	0.02307993	Kilogramos de CO2 eq
Almacenaje de Producto Terminado	0.226604655	Kilogramos de CO2 eq

Fuente: Autores

En la tabla No. 3 observamos los resultados obtenidos; tanto el indicador final señalado en color verde, la comparación con el vehículo señalado en rojo, y la generación de emisiones en cada una de las áreas señalado en azul. Vemos que en cada una de las áreas se señalan sus emisiones, además se tiene en cuenta las emisiones anuales por la producción de la loción.

En la figura No. 5 que se encuentra a continuación observamos las proporciones de emisiones que componen el indicador final de huella de carbono. Es importante mencionar que la recepción de materias primas corresponde al 55.4% del total de las emisiones generadas en el proceso productivo, también es importante resaltar que dentro de esta área se está considerando el transporte de materias primas desde Francia hasta la planta, lo cual tiene un aporte significativo para las emisiones totales de CO2 equivalente. El 30% corresponde al almacenaje de producto terminado donde se tienen gran cantidad de lámparas de mercurio que tienen un alto consumo eléctrico.

Figura No. 5



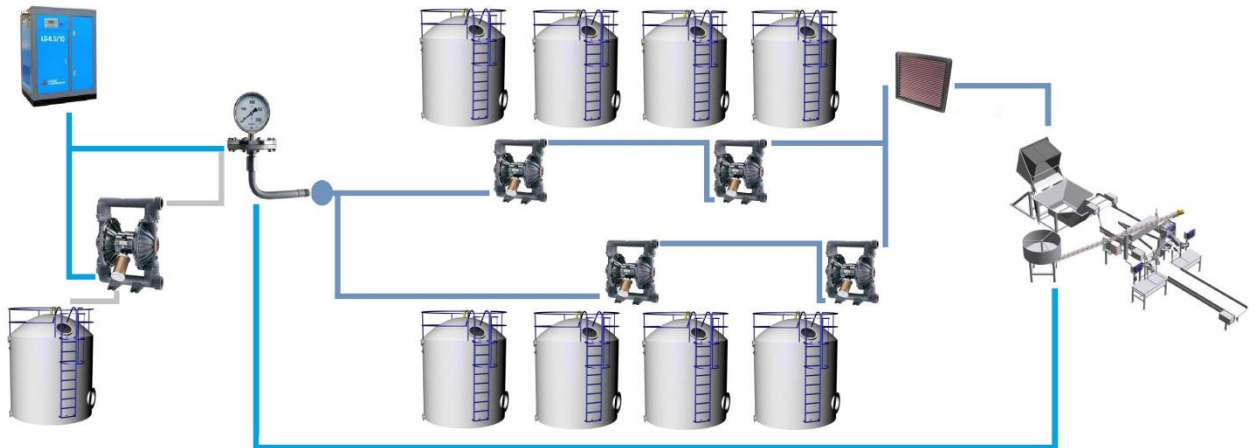
Fuente: Autores

Otro dato que es importante de resaltar es que el proceso de fabricación solo aporta un 1.4% del total del indicador, lo cual muestra que lo más contaminante en un proceso productivo y en la cadena de abastecimiento no es la fabricación sino el conjunto de procesos de apoyo como el almacenaje, el envasado, el transporte entre otros.

6. PROPUESTA DE MEJORA

Con el fin de generar una propuesta de mejora de gran impacto, se decidió analizar uno de los principales procesos en la elaboración de productos en la empresa (incluyendo la elaboración de la Loción) se trata del sistema de flujo de líquidos:

Figura No.6



Fuente: Autores

6.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Aproximadamente a 50 metros de distancia del área de producción, se encuentra fuera de las instalaciones de la planta un refugio con un compresor bifásico, que requiere 220 volts para generar una presión de 250 psi, los cuales son suministrados por dos rutas de ductos diferentes a una bomba neumática y un sistema de válvulas con medidores. Esta primera bomba neumática mencionada, también se encuentra en el refugio y es la encargada de succionar el alcohol de un tanque que se encuentra a pocos metros, por esta razón este subsistema se

encuentra aislado de la planta, ya que se están manejando una sustancia inflamable. Una vez se succiona el alcohol se transporta a presión hacia el sistema de válvulas, siendo este el nodo ubicado dentro de la planta, en el área de producción el receptor de aire comprimido (entregado por el compresor) y el alcohol por la bomba neumática. A partir de ahí se continúa suministrado aire por medio de una manguera desde la línea del compresor hacia las máquinas de envasado. Por otro parte, mediante las válvulas se le suministra el alcohol a las marmitas; el suministro se realiza mediante mangueras por dos líneas paralelas, cada línea recibe apoyo de dos bombas neumáticas para impulsar el alcohol hacia las marmitas para generar la mezcla con los demás componentes químicos. Una vez se suministra el alcohol, un operario manipula las válvulas para ampliar el paso del aire entregado por el compresor, con el fin de entregarle mayor presión a la recirculación de la mezcla en el tanque. Una vez se termina la mezcla, se deja macerar por cierto periodo (para el caso de la Loción son 8 días). Cumplido el periodo de maceración, nuevamente se utilizan las mangueras para llevarlas hacia el filtro. Este filtro es receptor de las dos líneas que suministran el alcohol, pero el operario se encargara de conectar una sola línea, es decir las dos líneas no generan el flujo de la mezcla hacia el filtro al mismo tiempo. Una vez se obtiene una solución limpia, se le entrega a la línea de envasado, siendo esta receptora de la mezcla y del aire comprimido que entrega el compresor.

Como se mencionó, a partir del sistema de válvulas el transporte de alcohol, aire y mezclas se realiza mediante mangueras. Estas son conectadas de forma manual por un operario, por lo tanto la red entre las bombas neumáticas, las marmitas y el filtro no serán las mismas, dado a que algunos tanques se encontraran en periodo de maceración y los otros realizando mezclas.

6.2 PROBLEMA

La primera bomba del sistema (encargada de succionar del tanque de alcohol) anteriormente era una bomba eléctrica, la cual generaba un gran riesgo, dado el caso de que esta sufriera un daño imprevisto, era muy grande la probabilidad de generar algún tipo de corto y creará una chispa, provocando de esta manera una explosión por tratarse un líquido inflamable. Por esta razón fue reemplazada por una bomba neumática, pero esta hizo una pérdida de eficiencia en el sistema, ya que el aire no se mantiene en un rango de presión para mantener un valor constante de 180 psi; la actual presión oscila entre los 155 y 165 psi, lo que redujo su eficiencia en 10 minutos en el tiempo de entrega del alcohol al sistema de producción. A su vez hace que esta línea requiera una entrega de presión adicional por parte del compresor, lo cual afectaría la recepción de aire comprimido de la zona de envasado.

Cuando la producción no es continua, es decir no se está produciendo lotes sobre lote, este tiempo de retraso no afecta drásticamente, pues no se requieren despachar mezclas inmediatamente y el área de envasado suspende el movimiento en la línea en espera de la finalización del periodo de maceración. Pero cuando se trata de una temporada alta, en donde la producción es continua, se requiere despachar lotes de mezclas rápido de las marmitas, ya que estos tanques son limitados y se utilizan para realizar la elaboración de todos los productos, es decir ningún tanque está destinado para un tipo de producto.

6.3 DESCRIPCIÓN DE LA MEJORA

Implementar una bomba de vacío de diafragma y un sistema PLC, con el fin de cumplir con la presión de entrega requerida en el proceso y a su vez brindar seguridad, se debería implementar una bomba de vacío de diafragma, la cual reemplazaría la actual bomba neumática que se encargada de succionar el alcohol. Esta bomba mantiene un fluido base de aire a 150 psi (dados por el compresor) el cual mediante un controlador mecánico manual, se puede ajustar la expansión del diafragma y así generar presión en una de 150 a 210 psi. Este sistema no requiere ningún tipo de combustible o consumo eléctrico para funcionar.

También se noto que se está generando un desperdicio y subutilizando la presión en el sistema de válvulas. Dado a que el compresor está generando una presión constante de 180 psi y en algunas ocasiones no se requiere tanta presión debido a que se van a realizar pocos lotes de producción y por ende solo se va utilizar una de las dos líneas de las marmitas o no va a funcionar al mismo tiempo la línea de envasado, el operario a través de una válvula simplemente libera presión al ambiente, es decir energía desperdiciada. También aplica en caso contrario (producción a tope), se ajustaría el compresor a una mayor entrega de presión, pero esta también es regulada a través del sistema de válvulas, liberando un poco de presión para entregarles a los equipos el valor adecuado. Esto se puede solucionar implementando un sistema PLC básico (Controlador Lógico Programable), el cual interconectaría al compresor y el sistema de válvulas para controlar los niveles de presión dados los actuales requerimientos en la producción y así entregar niveles en psi casi perfectos.

Implementando lo anterior se recuperaría la eficiencia en los 10 minutos perdidos en el proceso productivo y a su vez evitaríamos desperdicio energético en el sistema. Para analizar con datos reales la implementación, se ilustra a

continuación la producción de un lote de mezcla (sin tener en cuenta el tiempo de maceración). Las marmitas se deben lavar con agua a presión (esto es alimentado a partir del sistema de válvulas). Una vez esté limpia se inicia el proceso productiva transportando el alcohol, para luego mezclarlo con la demás sustancias químicas y finalmente realizar la respectiva circulación. Todo este proceso requiere entrega presión y por ende está afectado por la eficiencia en la entrega de presión al sistema. En un turno normal se pone en funcionamiento la producción en 7,5 horas (450 minutos) se desea producir lotes de mezclas de la loción, se obtiene:

Tabla No.5

Eficiencia Actual	
Actividad	Tiempo (mint)
Alistamiento (lavado)	6
Envío de alcohol	5
Mezcla	35
Total	46

Tabla No.6

Eficiencia implementando propuesta	
	Tiempo (mint)
Total	36

Tabla No.7

Loción	
Eficiencia (mint)	Lotes (mezcla)
46	9
36	12

Fuente: Autores

Con esta implementación obtenemos 3 lotes de mezclas adicionales durante el proceso productivo de la loción.

6.4 INVERSIÓN NECESARIA PARA LA MEJORA

Una bomba de vacío diafragma Laboport N840.3FTP y un sistema PLC ZelioLogic Sr2 B201fu, sus costos respectivamente son de \$700.000 y \$350.000 pesos Colombianos. Adicionalmente se requiere instalar un sistema de interfaces (medidor de presión) y un juego de electroválvulas, su precio es de \$630.000 y \$80.000 respectivamente. Estos dos últimos instrumentos con el fin de generar la conexión electrónica entre el compresor y las válvulas a través del PLC. La mano de obra tiene un valor de \$300.000, más \$50.000 que es el precio por capacitar a un operario en la manipulación del sistema PLC implementado (la capacitación la realiza el mismo técnico que instala los equipos). Todo lo anterior genera un total para una inversión de \$2'110.000 pesos Colombianos.

6.5 BENEFICIOS Y RESULTADOS DE LA MEJORA

Al implementar la bomba de vacío de diafragma, se recuperará la presión que hace falta en el inicio del sistema, por lo tanto se generaría el transporte del fluido de alcohol en el tiempo requerido, es decir ganaría tiempo (recuperaría una eficiencia de 10 minutos). Con esta nueva eficiencia, generaría tres lotes adicionales, lo que equivale un valor sobre las ventas de \$27'284.400 de pesos colombianos. Finalmente al instalar un sistema PLC ahorraría consumo energético, al generar solo la presión requerida en el proceso productivo, esto me permite garantizar el nivel de presión requerido para líneas de las marmitas y envasado.

Tabla No.8

Implementación	Beneficio	Resultado
Bomba de vacío de diafragma	Tiempo	3 Lotes de mezcla
PLC básico	Precisión	Proceso productivo efectivo

Fuente: Autores

7. CONCLUSIONES

- Para la comparación del indicador con otras empresas que desarrollen procesos productivos similares, se encontraron varias dificultades; por ejemplo en la ciudad de Cali no se encontraron compañías para realizar el outsourcing para la huella de carbono, es decir, que el concepto de huella apenas está empezando a crecer en el territorio.
- El establecimiento de límites de análisis tiene un gran impacto en el desarrollo del indicador. Con esto nos referimos a que en la elaboración de esta herramienta se pueden tener en cuenta más factores, procesos y entes que indirectamente intervienen en la elaboración de un producto.
- La comparación del indicador nos da nociones para señalar que no se está haciendo de forma adecuada, al analizar esta empresa con el sector cosmético; de acuerdo a la cadena de suministro en el proceso de producción de dicha empresa, encontramos que la mayor cantidad de emisiones de carbono son aportadas del transporté externo, es decir de servicios que son tercerizados. Por lo tanto si notamos los procesos de las demás áreas notaran que las emisiones de carbono corresponden a un modelo de producción común e incluso con grandes niveles de emisiones en el área de almacenaje de producto terminado.

BIBLIOGRAFIA

- AGA Fano S.A. .Hoja de Seguridad del Material: Dióxido de Carbono [Informe]. - Bogotá : [s.n.], 2005.
- BAIRD Colin, CANN Michael. EnviromentalChemestry, Fourth Edition [Conferencia]. - New York : W.H. Reeman and Company, 2008. P. 205-309.
- BERRIO Sheyla. Mercadeo verde: otra forma de ayudar al mundo. Publicado en la Revista Dinero. 2006
- BRAITTIWAITE Alan, KNIVETT Daniel. Evaluating a Supply Chain's Carbon Footprint [Informe]. - 2009.
- CASTTELLS Xavier. Tratamiento y Valoración Energética de Residuos [Conferencia]. - [s.l.] : Fundación Universitaria Iberoamericana, 2005. Capítulo 1.
- CENGEL Yunus, BOLES Michael. Termodinámica, Quinta Edición [Libro]. - D.F., México : McGraw-Hill, 2006.
- EWING, B., GOLDFINGER Steven, WACKERNAGEL Mathis, STECHBART Meredith, RIZK Sarah M., REED Anders, KITZES Justin. The Ecological Footprint Atlas 2008. Global Footprint Network, Research and Standards Department. Revised 16. (versión 1.1), December, 2008.
- FARUK Adam, LAMMING Richard, COUSINS Paul, BOWEN Frances. Analyzing, Mapping, and Managing Enviromental Impacts Along the Supply Chains [Informe]. - Massachusetts : [s.n.], 2002.
- Generación de CO2 de vehículos - <http://www.carpages.co.uk/co2/>

- ONU. PROTOCOLO DE KYOTO DE LA CONVENCION [Conferencia]. - Kyoto: [s.n.], 1998. - págs. 2-3.
- PIRES Silvio, CARRETERO Luis. Gestión de la Cadena de Suministros [Libro]. - [s.l.] : McGraw Hill/interamericana de España, 2007.
- SCHNEIDER Heloísa, SAMANIEGO Joseluis. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Santiago de Chile. Naciones Unidas. 2009. p. 32.
- STEIN Michael, KHARE Anshuman. Calculating the Carbon Footprint of a chemical plant: A case study of Akzonobel. Imperial College Pres.

Anexo A. Matriz de marco lógico

Objetivo	Actividad	Indicador	Fórmula/Cálculo	Verificación	Supuestos
Identificar los componentes esenciales de la cadena de abastecimiento y su importancia en el proceso de huella de carbono.	Observación del Proceso Productivo delaloción.	Revisión de todas las parten relacionadas con el proceso productivo.	Cumple	Apuntes sobre el proceso Productivo.	La empresa nos brinda acceso a la planta.
			No cumple		
	Diagrama de flujo del proceso productivo delaloción.	Los componentes están identificados en el proceso real.	Cumple	Diagrama de Flujo del proceso productivo	La empresa nos brinda acceso a la planta.
			No cumple	delaloción en el programa Microsoft Visio.	La empresa nos brinda información pertinente de tiempos y flujos del proceso productivo.

	Revisar los componentes del diagrama y compararlos con un proceso productivo establecido en la teoría.	Elementos del proceso básico están presentes en el diagrama de flujo.	Cumple	Diagrama de flujo del proceso productivo base delaloción.	Encontramos el proceso productivo base delaloción.
			No cumple		La empresa nos brinda acceso a la planta.
	Confrontar con gerente de manufactura el proceso productivo genérico resultante.	Componentes básicos presentes.	#componentes Presentes / #componentes básicos necesarios	Diagrama de flujo del proceso productivo base aprobado.	Gerente de manufactura esta disponible.
Identificar posibles emisiones por medio de reacciones	Identificar materias primas e insumos involucrados en el proceso	Balance de masas.	Entradas=Salidas	Una hoja de Excel con los gases identificados y el proceso de	Se brinda información referente a materias primas e

químicas involucradas en el proceso productivo.	productivo delaloción.			balance de masas.	insumos.
					La empresa nos brinda acceso a la planta.
	Relacionar materias primas e insumos con las condiciones del Proceso Productivo.	Las condiciones relacionadas son las condiciones reales del Proceso.	Cumple	Documento en Microsoft Excel, con materias primas e insumos relacionados con las condiciones físicas del proceso.	Tenemos acceso a la planta.
			No Cumple		Se brinda información sobre el proceso productivo.
	Hacer cálculos	Gases	Cumple	Tabla de	La empresa

	por medio de reacciones químicas para determinar las emisiones.	calculados sean GEIs	No cumple	Microsoft Excel con las emisiones resultantes.	nos brinda acceso a la planta. El dispositivo que posee la universidad para mediciones sirve y está disponible.
	Corroborar resultados con el ingeniero químico de la planta.	Emisiones correctas	Emisiones calculadas/Emisiones Reales	Documento en Microsoft Excel.	El ingeniero Químico está disponible.
Analizar el consumo de energía eléctrica y de	Hacer una revisión general de consumo energético, por	Comparar tablas de especificaciones de la maquinaria	Cumple	Tabla en Microsoft Excel de consumos	La empresa nos brinda acceso a la planta.

combustibles de la maquinaria que se emplea en la línea de producción a trabajar, para hacer un estimado del consumo energético involucrado en la elaboración del producto.	cada máquina involucrada en el proceso productivo.	referente al consumo energético.	No cumple	energéticos de máquinas.	La empresa nos brinda información pertinente de consumo energético.
	Con los datos de consumo energético, elaborar un estimado de consumo del proceso productivo en general.	Se tienen en cuenta la totalidad de la maquinaria, dentro de los límites del análisis.	Cumple	Tabla de Microsoft Excel con el estimado de	La empresa nos brinda acceso a la planta.
			No cumple	consumo energético del proceso productivo.	Tenemos información sobre el consumo energético de la empresa.
Convertir el consumo energético a carbono	El carbono equivalente es calculado con el consumo	Cumple	Tabla de Excel con las emisiones de carbono	La empresa nos brinda acceso a la planta.	

	equivalente.	energético anteriormente hallado.	No cumple	equivalente.	Tenemos información sobre el consumo energético de la empresa.
Elaborar una herramienta para definir el consumo de carbono en el proceso productivo.	Realizar el Mapping de la cadena de abastecimiento delaloción	En el Mapping se deben encontrar todos los componentes de proceso productivo delaloción y las respectivas mediciones de carbono emitidas.	Cumple	Diagrama de Mapping	Tenemos todas todos los procesos identificados con sus repectivas mediciones
			No cumple		

	Calcular la cantidad total de emisiones de CO ₂	Total de emisiones de carbono del proceso productivo delaloción.	Huella de carbono = \sum CO ₂ [Obtenido en el Mapping]	Huella de carbono de la empresa en el proceso productivo delaloción.	Tenemos todas todas las mediciones requeridas de CO ₂
Generar una propuesta de mejora a la empresa referente a los procesos y prácticas relacionados con el producto a tratar, teniendo en cuenta como referencia la huella de	Identificar los procesos y prácticas de la elaboración delaloción en los que se puede proponer una mejora para reducir el nivel de emisiones de CO ₂	Cantidad de hipótesis formuladas (mejoras a nivel de Ing. Industrial en los procesos y prácticas analizadas).	Cumple	Documento escrito.	Nuestra propuesta generará una mejora de emisiones de carbono de la empresa.
			No Cumple		
	Revisiar con el	Cantidad de	Cumple	Propuesta	Nuestra

carbono obtenida.	tutor temático la propuesta de mejora y realizar posibles correcciones.	correcciones a realizar según retroalimentación del tutor.	No cumple	escrita (corregida) y aprobada.	propuesta generará una mejora de emisiones de carbono de la empresa.	
	Presentar propuesta de mejora a la Ingeniera de Manufactura de la empresa.	Procesos y prácticas de mejora para reducir el indicador de huella de carbono obtenido.	<table border="1"> <tr> <td>Aceptado</td> <td rowspan="2">Propuesta escrita sobre mejora de emisiones de CO₂</td> <td rowspan="2">Nuestra propuesta generará una mejora de emisiones de carbono de la empresa.</td> </tr> <tr> <td>No aceptado</td> </tr> </table>	Aceptado	Propuesta escrita sobre mejora de emisiones de CO ₂	Nuestra propuesta generará una mejora de emisiones de carbono de la empresa.
Aceptado	Propuesta escrita sobre mejora de emisiones de CO ₂	Nuestra propuesta generará una mejora de emisiones de carbono de la empresa.				
No aceptado						

Anexo B. Cronograma

