



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

**“Enverdeciendo la cadena de suministro del empaque.  
Caso de estudio: Galletas surtidas.”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERA INDUSTRIAL

P R E S E N T A  
ERIKA MALDONADO RODRÍGUEZ

Asesor de Tesis:  
M. en I. Javier Noé Ávila Cedillo.



México D.F.

2015

## **Agradecimientos.**

A Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mis padres, Mario y Socorro, por su ejemplo de lucha, honestidad, tenacidad y superación. A mis hermanos, Mario y Karen, por su paciencia y generosidad.

A mis familiares y amigos, que sin su apoyo, colaboración e inspiración habría sido imposible llevar a cabo esta tarea. A mis angelitos Karina, Ricardo y Mariana que siempre creyeron en mí.

Al Profesor Javier Ávila Cedillo, por aceptarme para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en mi trabajo y su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable.

A la Fundación Carlos Slim, por el apoyo económico que recibí durante mis estudios de Licenciatura. A la CNBES, por brindarme la oportunidad de estudiar un diplomado en el extranjero, donde adquirí conocimientos incuantificables.

Finalmente, a mi alma máter, a la Universidad Nacional Autónoma de México, por haber contribuido a mi formación académica y profesional. Por su apoyo decidido, generoso y desinteresado durante mis estudios.

¡GRACIAS!

# ÍNDICE

---

RESUMEN .....	7
INTRODUCCIÓN .....	8
CAPÍTULO 1. DEFINICION DEL PROBLEMA .....	10
1.1 Objetivo .....	10
1.2 Hipótesis.....	10
1.3 Alcances.....	10
1.4 Justificación.....	10
1.5 Metodología.....	12
CAPÍTULO 2. Antecedentes .....	13
2.1 Envase, empaque y embalaje.....	13
2.1.1 Definición de envase, empaque y embalaje.....	13
2.1.2 Función de los empaques.....	14
2.1.3 Empaques sustentables.....	14
2.1.4 Tipos y propiedades de los materiales de envasado para perecederos .....	15
2.2 Enverdecimiento de la cadena de suministro .....	17
2.2.1 Definición de sustentabilidad .....	17
2.2.2 Gestión de la Cadena de Suministro .....	18
2.2.3 Gestión del enverdecimiento de la cadena de suministro.....	19
2.2.4 Evaluación de sustentabilidad en productos.....	25
2.2.5 Análisis del ciclo de vida .....	27
2.3 Software para la cuantificación de sustentabilidad en productos.....	31
2.3.1 Sustainable minds.....	32
CAPÍTULO 3. Desarrollo .....	36
3.1 Evaluación de sustentabilidad en productos comerciales .....	36
3.2 Proceso de evaluación de los empaques .....	37
3.2.1 Producto A.....	38
3.2.2 Producto B.....	40
3.2.3 Producto C.....	43
3.2.4 Producto D.....	45

3.3 Simulación en la herramienta Sustainable Minds .....	47
CAPÍTULO 4. Resultados y análisis de resultados.....	50
4.1 Resultados obtenidos con Sustainable Minds.....	50
CAPÍTULO 5. Enverdeciendo la cadena de suministro. ....	59
CAPÍTULO 6. Conclusiones .....	64
6.1 Conclusiones particulares.....	64
6.2 Conclusiones generales .....	65
REFERENCIAS.....	68
ANEXOS .....	70
ANEXO I. Fichas técnicas .....	70
I.I Producto A, Galletas Surtidas 546.....	70
I.II Producto B, Galletas Surtidas 522. ....	73
I.III Producto C, Galletas Surtidas 546. ....	79
I.IV Producto D. Galletas Surtidas 568.....	83
ANEXO II. Análisis para la identificación de los polímeros a ocupar .....	87
ANEXO III. Norma oficial mexicana de etiquetado para alimentos.....	90

## Lista de Figuras

---

Figura 1.	Metodología a seguir.....	12
Figura 2.	Tipos de empaques, según su función. ....	13
Figura 3.	Materias primas a nivel mundial para embalaje.....	16
Figura 4.	Esferas de la Sustentabilidad.....	17
Figura 5.	Modelo de Gestión de la Cadena de Abastecimiento.....	19
Figura 6.	Green Procurement Principles. ....	20
Figura 7.	Sistema de la cadena de suministro verde de dos etapas. ....	22
Figura 8.	Ejemplo del impacto ambiental en Unilever.....	22
Figura 9.	About Life Cycle Assesment .....	28
Figura 10.	Agotamiento de la capa de Ozono .....	34
Figura 11.	Producto A.....	38
Figura 12.	Distribución Galletas Surtidas 546. ....	38
Figura 13.	Producto B.....	40
Figura 14.	Distribución Galletas Surtidas 522. ....	40
Figura 15.	Producto C.....	43
Figura 16.	Distribución Galletas Surtidas 454. ....	43
Figura 17.	Producto D.....	45
Figura 18.	Distribución Galletas Surtidas 568. ....	46
Figura 19.	Detalle del Producto A en Manufactura.....	48
Figura 20.	Detalle del Producto B en Uso.....	48
Figura 21.	Detalle del Producto B en Fin del Ciclo de Vida. ....	49
Figura 22.	Detalle del Producto B en Transporte. ....	49
Figura 23.	Impacto por categoría, producto A y B. ....	52
Figura 24.	Impacto por categoría, producto A y C. ....	53
Figura 25.	Impacto por categoría, producto A y D.....	54
Figura 26.	Impacto total por tipo de material y proceso. ....	55
Figura 27.	Diagrama de Pareto del impacto del Producto B.....	56
Figura 28.	Diagrama de Pareto del impacto del Producto B.....	57
Figura 29.	Diagrama de Pareto del impacto del Producto C.....	57

Figura 30. Diagrama de Pareto del impacto del Producto D..... 58

## Lista de Tablas

---

Tabla 1. Ejemplo de Unidad Funcional..... 29

Tabla 2. Componentes del Producto A..... 39

Tabla 3. Componentes del Producto B..... 41

Tabla 4. Componentes del Producto C..... 44

Tabla 5. Componentes del Producto D..... 46

Tabla 6. Análisis comparativo..... 50

Tabla 7. Resultados comparativos Sustainable minds. .... 51

## RESUMEN

---

El presente trabajo muestra los resultados de una evaluación de sustentabilidad del empaque de un producto, el objetivo de esta evaluación es proponer una cadena de suministro más sustentable para el empaque.

La creciente preocupación por la sostenibilidad obliga a los ciudadanos y a las empresas a reducir los residuos y fomentar el reciclaje, la reutilización y re fabricación de productos al final de su vida útil. Puesto que el empaque es una de las fuentes de residuos más relevantes, se justifica la atención al diseño y gestión de envases, especialmente en sectores donde el envase es parte integral de la manipulación y el transporte, para este caso en particular, la cadena de suministro de alimentos perecederos.

Se parte del análisis de cuatro casos de estudio en el mercado actual para una posterior evaluación y una propuesta de mejora a la cadena de suministro. Los cuatro casos de estudio pertenecen al sector alimenticio, su función crítica es proteger galletas, el objetivo del análisis y la propuesta de mejora es minimizar el impacto económico, social y ecológico que representa la fabricación, distribución y disposición final de estos empaques.

Los aspectos que se tomaron en cuenta para el enverdecimiento de la cadena de suministro de un empaque de galletas, son:

- Impacto ambiental mediante simulación en un software especializado.
- Selección de material.
- Procesos de manufactura.

## INTRODUCCIÓN

---

La Gestión del Enverdecimiento de la Cadena de Suministro, GSCM por sus siglas en inglés: *Green Supply Chain Management*, ha ganado un creciente interés entre los investigadores y los profesionales relacionados con los procesos de gestión de la cadena de abastecimiento dentro de las organizaciones (Srivastava, 2007). No se trata únicamente de ser amigable con el medio ambiente, ya que existen diversas razones comerciales y financieras para la implementación de este tipo de prácticas (Testa & Iraldo, 2010), por lo que se busca generar una ventaja competitiva a partir de la reducción en costos o la diferenciación medioambiental.

De acuerdo con Zhu y Sarkis (2004) y Zhu, Sarkis y Lai (2008), el enverdecimiento de la cadena de abastecimiento abarca una serie de prácticas de gestión ambiental que son útiles dentro de la gestión logística. Un ejemplo de esto es la reducción de envases, empaques y de desechos; la evaluación de proveedores basados en el rendimiento ambiental; el desarrollo de productos más amigables con el medio ambiente; y, la reducción de las emisiones de carbono asociadas con el transporte de mercancía (Walker, Di Sisto, & Mcbain, 2008).

Dentro de la industria del embalaje, la tercera industria más grande en el mundo, el envasado de alimentos es un sector económico de relevancia que incluye diversos elementos del universo del packaging (Datamonitor, 2010).

El campo del envasado de alimentos abarca una variedad de aspectos, incluyendo la comida en sí; la selección, etiquetado, y el diseño de materiales de embalaje, el almacenamiento, el transporte y la distribución. Estos elementos están presentes durante todo el ciclo de vida del producto alimenticio. El entender las interacciones entre estos elementos es la clave para proponer sistemas de embalaje óptimo y eficiente tanto para el fabricante como para el cliente en términos de costo, conveniencia, seguridad, inocuidad, marketing y ventas (Jung Han, 2014).

Mundialmente se empieza a reconocer la amenaza potencial para el medio ambiente y un estilo de vida saludable que representa los materiales y residuos de envases, nuevos paradigmas, como "*Lifestyle of Health and Sustainability (LOHAS)*" están impactando la industria del envase y sus futuros mercados. Si la sostenibilidad es una consideración para el envasado de las empresas en el pasado, hoy se ha convertido en un concepto importante entre la industria del envase y de la comunidad (Jung Han, 2014).

Soluciones de embalaje tradicionales tienen impactos ambientales que no son sostenibles a largo plazo. Estos impactos incluyen el consumo de recursos no renovables, emisiones resultantes de la fabricación, transporte, uso y la producción de residuos sólidos, lo que pone de manifiesto la relevancia de la gestión y disposición final

de los empaques. Los investigadores han identificado el diseño y aplicación de soluciones de embalaje más sostenibles como uno de los retos más importantes; muchos estudios se centran en la forma y el material para permitir operaciones ergonómicas, eficaces y eficientes para su manipulación y transporte, y para reducir los costos generales de las actividades del ciclo de trabajo y los tratamientos al final de su vida de los empaques (Jung Han, 2014).

En el capítulo 1 se abordarán las generalidades de lo que tratará la presente tesis: objetivo, hipótesis, alcances, justificación y la metodología que se siguió en la realización de la misma.

En el capítulo 2 se tratarán los antecedentes, que nos servirán para entender mejor la problemática con el propósito de situar al caso de investigación dentro de un conjunto de conocimientos sólidos.

En el capítulo 3 se describe el proceso detallado que se siguió para llevar a cabo la evaluación de sustentabilidad en cuatro empaques actuales de galletas, describiendo cada uno de los componentes que conforman el empaque y la descripción del funcionamiento de la herramienta utilizada (Sustainable minds).

En el capítulo 4 se presenta el resumen de los resultados obtenidos del software utilizado para la simulación del impacto que conlleva cada empaque, incluyendo el análisis de los mismos.

En el capítulo 5, de acuerdo al análisis de resultados del capítulo anterior, se proponen mejoras para el enverdecimiento de la cadena de suministro, en los rubros de materia prima, proceso, fin de ciclo de vida y logística, para disminuir el impacto económico, ecológico y social de los empaques actuales.

En el capítulo 6 se presentan las conclusiones a las que se llegó con la evaluación realizada, las recomendaciones que se sugieren al enverdecer la cadena de suministro.

# **CAPÍTULO 1. DEFINICION DEL PROBLEMA**

---

## **1.1 Objetivo**

Proponer mejoras en la cadena de suministro del empaque actual de galletas surtidas tomando como base su enverdecimiento, de tal forma que se reduzca significativamente el impacto que conlleva el empaque en éste tipo de productos; como son: materia prima, peso, volumen, daño en la salud, emisiones de carbono, uso de energía e impacto al ambiente.

## **1.2 Hipótesis.**

Al presentar una forma más eficiente de empaquetar galletas se disminuirá el impacto en toda la cadena de suministro.

## **1.3 Alcances.**

- Recopilación, síntesis, elaboración y análisis de la evaluación de sustentabilidad y ciclo de vida de cuatro empaques actuales; considerando los procesos de manufactura realizados en planta y la distribución Planta-CEDIS-Supermercado.
- Estimación de gastos de energía, huella de carbono, indicadores de impacto ambiental y en salud de los diferentes empaques actuales mediante un software llamado “Sustainable minds”.
- Obtención de resultados, análisis y propuestas de mejoras a la cadena de suministro del empaque.
- Conclusiones.

## **1.4 Justificación.**

El empaque es omnipresente a lo largo de cada paso de la cadena de suministro, desde el diseño, creación de prototipos, adquisición, producción, distribución, uso final de los consumidores y la gestión posterior al final de su vida útil. Es por esto que las prácticas sostenibles en el empaque son tan importantes en el impulso de la eficiencia de la cadena de suministro y por qué la innovación en el sector del envasado verde ha sido el blanco de los últimos años para las empresas. Un estudio realizado por Accenture encontró que las empresas pueden realizar de un 3 a 5 por ciento de ahorro de costos de la cadena de suministro a través de iniciativas de envases verdes. Así que si extrapolamos ese tipo de ahorro a través de múltiples niveles de actividad de la cadena de suministro, donde el envase es el denominador común, las eficiencias y ahorros se pueden acumular rápidamente (David Meyer, “The green economy post”).

No es sorprendente que el impacto medioambiental de los envases se estudia con frecuencia dentro de la literatura. Algunos autores utilizan la metodología del ACV para

el análisis de sistemas de embalaje; Verghes y Lewis (2007) argumentan que la innovación ambiental en sistemas de embalaje industrial requiere un enfoque integrado de la cadena de suministro para garantizar la reducción de los impactos y costos ambientales (Ramani Narayan, 2012).

Siendo la contaminación de envases plásticos un problema a nivel mundial, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) desarrolló una serie de parámetros relacionados con el reciclaje de plásticos en el código *ISO 15270:2008 Plásticos - Directrices para la recuperación y el reciclaje de los residuos plásticos*. Con la finalidad de guiar a los participantes de la industria plástica a la creación de una infraestructura internacional capaz de soportar la recuperación y reciclado de productos plásticos, este código normativo será aplicado en todo el mundo para lograr que dichas acciones se lleven a cabo correctamente (Ramani Narayan, 2012).

Importantes empresas de México, entre ellas Walmart, Henkel, PepsiCo, Grupo Bimbo, etc., se reunieron en el Foro de Sustentabilidad 2013 “Juntos por un planeta mejor” para intercambiar y promover las mejores prácticas en materia de sustentabilidad. ([www.porunplanetamejor.com](http://www.porunplanetamejor.com)) Como resultado, se comprometieron al cuidado del ambiente a través de los siguientes acuerdos:

- Desarrollar y promover tecnologías de eficiencia energética y publicar emisiones GEI.
- Hacer un uso más eficiente del agua.
- Reducir la generación de residuos y estimular el reciclaje.
- Fomentar cadenas de abasto de bajo impacto ambiental.
- Reducir el impacto ambiental de productos y empaques.
- Comunicar claramente los beneficios ambientales de productos.
- Colaborar para generar beneficios ambientales a escala.

La emergencia de GSCM se da al tiempo que se hacen más notorios la disminución de los recursos naturales de donde se extraen las materias primas, el incremento en los flujos de residuos y el aumento en los niveles de contaminación (Srivastava, 2007). Sin embargo, no se trata solamente de ser amigables con el medio ambiente, sino que se busca también aumentar los beneficios para las industrias derivados de la implementación de GSCM. Así, se ha visto el enverdecimiento de la cadena de abastecimiento como un impulsor del valor agregado del negocio y no exclusivamente como un generador de costos (Wilkerson, 2005). La implementación de prácticas ambientales dentro de la cadena de abastecimiento puede ser influida por razones comerciales o económicas, al buscar obtener una ventaja competitiva derivada de la preocupación de las empresas por el medio ambiente (Testa & Iraldo, 2010). Fuera de esto, diferentes estudios han encontrado que la presión ejercida por los entes

reguladores y los consumidores está impulsando la adopción de prácticas de enverdecimiento de la cadena de abastecimiento (Delmas & Toffel, 2004; Zhu & Sarkis, 2007; Darnall, Jolley, & Handfield, 2008; Nawrocka, 2008). Por lo tanto, el marco teórico y el estado del arte del enfoque de GSCM está cambiando de la supervisión a posteriori de los programas generales de gestión a prácticas más proactivas mediante el uso de diversas R's (reducir, reutilizar, recuperar, reciclar, remanufacturar, o logística de reversa) (Srivastava, 2007). La cuestión en particular es cómo aumentar la conciencia ambiental empresarial incorporando las prácticas de gestión ambiental dentro de todas las actividades a lo largo de la cadena de abastecimiento (Zhu, Sarkis, & Lai, 2008).

### 1.5 Metodología.

Un proceso de rediseño aplicado a la cadena de suministro de la producción de un envase puede incluir consideraciones sobre aspectos asociados con el coste, apariencia (mercadotecnia), usabilidad, fabricación, sostenibilidad, exportación, competitividad, estándares, patentes, y muchos otros. La metodología que se seguirá para la realización de ésta tesis es:

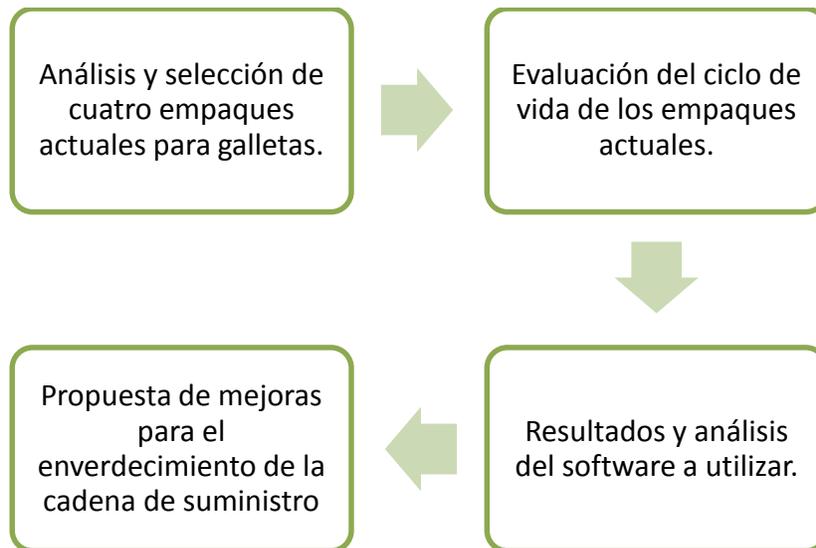


Figura 1. Metodología a seguir.

Fuente propia.

## CAPÍTULO 2. Antecedentes

### 2.1 Envase, empaque y embalaje

#### 2.1.1 Definición de envase, empaque y embalaje

Se entiende por empaque, todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías. Sin embargo, existe un sinnúmero de definiciones para empaque (Manual de Empaque y Embalaje, La logística del éxito, ALMEX).

Un empaque es la cubierta o recipiente de un producto que le brinda protección, facilita su uso y conservación y le proporciona al producto una importante comunicación de marketing (Philip Kotler, 2010).

El envase es a la vez un contenido y un medio, que no sólo debe contener el producto, sino también comunicar sus características y su identidad únicas. Es el último mensaje del producto, su elaboración ha de responder a las necesidades de los consumidores, y su acción inscribirse en una estrategia de marketing (Philippe Devismes, 1994)

Por lo anterior, la influencia de los empaques está presente en todos los ámbitos que intervienen en el desarrollo de las sociedades, principalmente en la producción, distribución y venta de productos.

Existen diferentes clasificaciones para los empaques, uno de ellos es por su función.

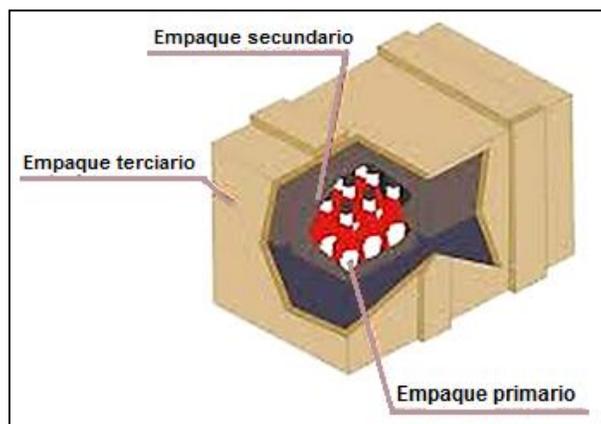


Figura 2. Tipos de empaques, según su función.

Fuente: Recuperado el 27 de Octubre 2015, de <http://www.envapack.com/>

- Empaque primario: se enfrenta a la venta y a la exhibición y se pone a prueba directamente con el consumidor y con sus competidores. Es el que lleva la carga emocional y toda la información del producto. Unidad de venta.

- Empaque secundario: de carácter colectivo, es decir, lleva varias unidades de venta. Generalmente llega a manos del distribuidor y debe tener la información para la manipulación y distribución.
- Empaque terciario: embalaje. Su objetivo primordial es proteger la mercancía en el proceso de transporte.

Existe un mayor interés en el empaque primario porque es aquí donde el diseñador realmente puede hacer la diferencia y lastimosamente para el sector industrial de las Pymes en América Latina no es reconocido como un elemento diferenciador sino simplemente como un importante elemento de protección y manipulación según un estudio realizado sobre éste tema en el año 2001 por Proexport en Colombia.

### **2.1.2 Función de los empaques**

El proceso de envasado es uno de los más importantes entre todos los procesos de fabricación de alimentos, ya que mantiene la calidad de los productos alimenticios para el almacenamiento, transporte y uso final (Kelsey, 1985). El embalaje evita el deterioro de la calidad de los alimentos y bebidas, debido a las influencias ambientales (Restuccia et al., 2010) y contribuye a la eficiente distribución, las ventas y el consumo. El envasado de alimentos está diseñado para contener y proteger los alimentos, para proporcionar la información necesaria acerca de la comida, y para hacer la manipulación de alimentos convenientes desde la distribución hasta la mesa del consumidor. La función principal del envasado de alimentos es conseguir la conservación y la entrega segura de productos alimenticios hasta su consumo. Durante la distribución, la calidad del producto alimenticio se puede deteriorar biológicamente, químicamente y físicamente. El envasado de alimentos extiende la vida útil y mantiene la calidad y la seguridad de los productos alimenticios. Una función secundaria importante de los envases es la comercialización, además de proporcionar la trazabilidad, las indicaciones de la manipulación, y control de la porción (Marsh y Bugusu, 2007).

### **2.1.3 Empaques sustentables**

En el ramo de los envases se llegó a hablar de que el mejor envase es el que no existía. Sin embargo, esto es imposible ya que sin envases millones de personas no tendrían acceso a productos alimenticios en condiciones seguras e higiénicas. Evaluar la sustentabilidad de un envase no únicamente se remite a su etapa final, que sería el manejo de residuos, sino que va sumando todo el ciclo de vida, desde diseño, obtención de materias primas, transporte, fabricación, llenado, distribución y consumo (Julio Guevara, 2012).

En este sentido, la industria del envase y embalaje, tanto en México como a nivel mundial, se ha dado a la tarea de participar activamente en este compromiso ambiental. Desde

1972, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente que se llevó a cabo en la Ciudad de Estocolmo, comenzaron a cimentar los principios e iniciativas de concientización y participación activa a favor de una cultura de respeto al medio ambiente a partir del reciclaje y la explotación mesurada de los recursos naturales (Julio Guevara, 2012).

La Sustainable Packaging Coalition ha definido como un envase sustentable aquel que (Jad Darsey y Craig Sawiki, 2012):

- Es beneficioso, seguro y saludable para individuos y comunidades a lo largo de su ciclo de vida.
- Cumple con los requerimientos de funcionalidad y costo.
- Es suministrado, fabricado y reciclado usando energía renovable.
- Maximiza el uso de materiales renovables y reciclables.
- Se fabrica usando tecnologías de producción limpias.
- Está hecho de materiales que no implican un riesgo para la salud bajo ningún escenario final a su vida útil.
- Está diseñado para optimizar materiales y energía.
- Se puede recuperar de forma biológica y/o industrial para repetir su ciclo de vida.

## **2.1.4 Tipos y propiedades de los materiales de envasado para perecederos**

### *2.1.4.1 Papel y cartón para el envasado de alimentos*

Durante mucho tiempo, papel y cartón han sido los materiales clave para toda la industria del embalaje. El uso de papel y cartón está en aumento, a pesar de la llegada de la era digital, y está jugando un papel importante en la sociedad moderna. En la actualidad, la mayor parte de los materiales de envasado mundiales se compone de papel y cartón, ocupando alrededor del 40% (Figura 4) del mercado en volumen siendo éstos las principales materias primas para empaque de productos alimenticios de todo el mundo.

Las principales ventajas de los envases de papel y cartón no sólo incluyen bajo costo, sino también facilitar la recolección, la reutilización y el reciclado después de su uso. Es ligero y biodegradable y proporciona la rigidez o la flexibilidad necesaria para los diversos tipos de productos tales como cajas plegables, cajas de cartón corrugado y bolsas. Debido a su gran capacidad de impresión, es ideal para la visualización de información del producto y valor nutricional con fines de marketing.

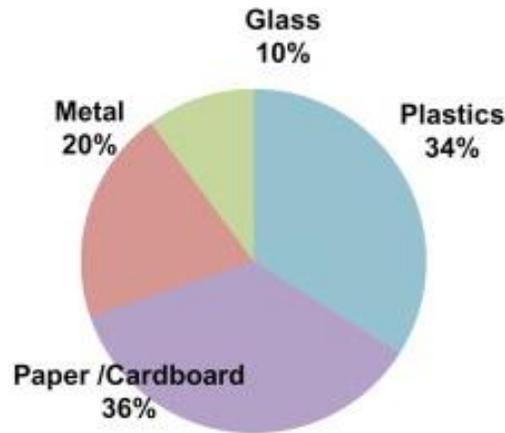


Figura 3. Materias primas a nivel mundial para embalaje.

Fuente: Recuperado el 27 de Octubre 2015, de World Packaging Organization, [www.worldpackaging.org](http://www.worldpackaging.org).

#### 2.1.4.2 Bioplásticos

Los bioplásticos son producidos a partir de recursos renovables y están siendo reconocidos como una solución a las necesidades ambientales alrededor de los residuos y la dependencia de los combustibles fósiles. La producción de dióxido de carbono reducido en la síntesis de bioplásticos, así como la biodegradabilidad de los bioplásticos son las principales ventajas de su utilización. Sin embargo, los fabricantes están más interesados en la reducción de dióxido de carbono que en la biodegradabilidad debido al alto costo de los polímeros biodegradables y la falta de instalaciones de regulación y de compostaje. El almidón y el ácido poliláctico (PLA) son los materiales más utilizados en el mercado de los bioplásticos (Barnett, 2011); Sin embargo, el ácido poliláctico sólo se biodegrada bajo ciertas condiciones de compostaje, tales como una temperatura relativamente alta, contenido de humedad y la presencia de aire (Auras et al., 2004). Por otro lado, el polietileno de base biológica (PE), polipropileno (PP), y el tereftalato de polietileno (PET) son reciclables y reutilizables.

Los bioplásticos se pueden clasificar en cuatro categorías basadas en su composición química, el origen, y el método de síntesis de: (1) polímeros directamente a partir de biomasa (por ejemplo, almidón, proteínas, celulosa); (2) los polímeros producidos por síntesis química a partir de monómeros bio-derivado (por ejemplo, PLA, PE de base biológica); (3) los polímeros producidos por fermentación microbiana (por ejemplo, polihidroxicanoatos); y (4) los polímeros producidos por síntesis química a partir de los dos monómeros derivados-bio y monómeros derivados del petróleo (por ejemplo, poli (succinato de butileno), o PBS; poli (tereftalato de trimetileno), o PTT) ( Mittal, 2012 y Robertson, 2008 ) . Desde un punto de vista práctico, los bioplásticos también se pueden

dividir en tres categorías en función de su gestión del ciclo de la vida: (1) bioplásticos compostables (por ejemplo, PLA); (2) bioplásticos biodegradables (por ejemplo, almidón, PHA, PBS); y (3) los bioplásticos reciclables (por ejemplo, de base biológica de PET, de base biológica de PP, PE de base biológica).

## 2.2 Enverdecimiento de la cadena de suministro

### 2.2.1 Definición de sustentabilidad

En numerosos foros internacionales, particularmente en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo en 1992 (la “Cumbre de la Tierra”), realizada en Río de Janeiro, los gobiernos de las naciones han adoptado el concepto de “sustentabilidad”, que se refiere a la posibilidad de que todas las personas puedan acceder a una mejor calidad de vida, respetando los límites que dicta la naturaleza.

El desarrollo sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1987).



Figura 4. Esferas de la Sustentabilidad.

Fuente: Ecotrend, 2013.

La sustentabilidad se enfoca a mantener un equilibrio entre los tres factores o esferas de la sustentabilidad: economía, sociedad y medio ambiente. Existen distintas herramientas que permiten tomar medidas que afectan directa e indirectamente a las mismas, tales como el análisis de ciclo de vida (ACV), también hay metodologías que permiten predecir el comportamiento del producto, lo que se pretende con éste, es hacer un planteamiento a fondo de las acciones que puede tomar la empresa para dar determinado seguimiento que le permita entrar al mercado sin verse afectada por factores externos (Gudynas, 2003).

## 2.2.2 Gestión de la Cadena de Suministro

Una cadena de suministro es una red de empresas integrada por proveedores, fabricantes, distribuidores y vendedores (mayoristas y minoristas) que realizan las funciones de adquisiciones de materias primas, transformación de materias primas en productos (intermedios o terminados) y la distribución de los productos terminados a los clientes finales, caracterizada por un flujo de avance de los materiales y un flujo de información hacia atrás (Sarimveis, Patrinos, Tarantilis, & Kiranoudis, 2008).

Durante las últimas décadas las empresas han mostrado un creciente interés por la gestión eficiente de la cadena de suministro. Esto se debe a que la globalización ha obligado a las empresas a buscar formas eficaces de coordinar los flujos de materiales dentro y fuera de la empresa, debido a que hoy en día se compite sobre la base de tiempo y calidad (Mentzer, et al., 2001a). Por estas razones, el término Gestión de la Cadena de Suministro (SCM, por su sigla en inglés) ha ganado gran popularidad dentro del mundo académico y empresarial a lo largo de las últimas décadas. A pesar de esto, sigue existiendo una considerable confusión en cuanto a su significado. Algunos autores lo definen en términos operacionales, que relacionan los flujos de materiales y productos, mientras que otros lo ven como una filosofía de gestión o como un proceso de la gestión (Tyndall, Gopal, Partsch, & Kamauff, 1998).

Sin embargo, una de las definiciones de SCM más citada es la enunciada por Mentzer, et al., (2001b, p. 22), quienes argumentan que:

“La Gestión de la Cadena de Abastecimiento comprende la coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio dentro de cada empresa y a través de todas las empresas que conforman la cadena de abastecimiento, con el objetivo de mejorar el rendimiento a largo plazo de cada empresa y de la cadena de abastecimiento en conjunto” esta definición es el resultado de una extensa revisión de la literatura y esta sintetizada en la siguiente figura.

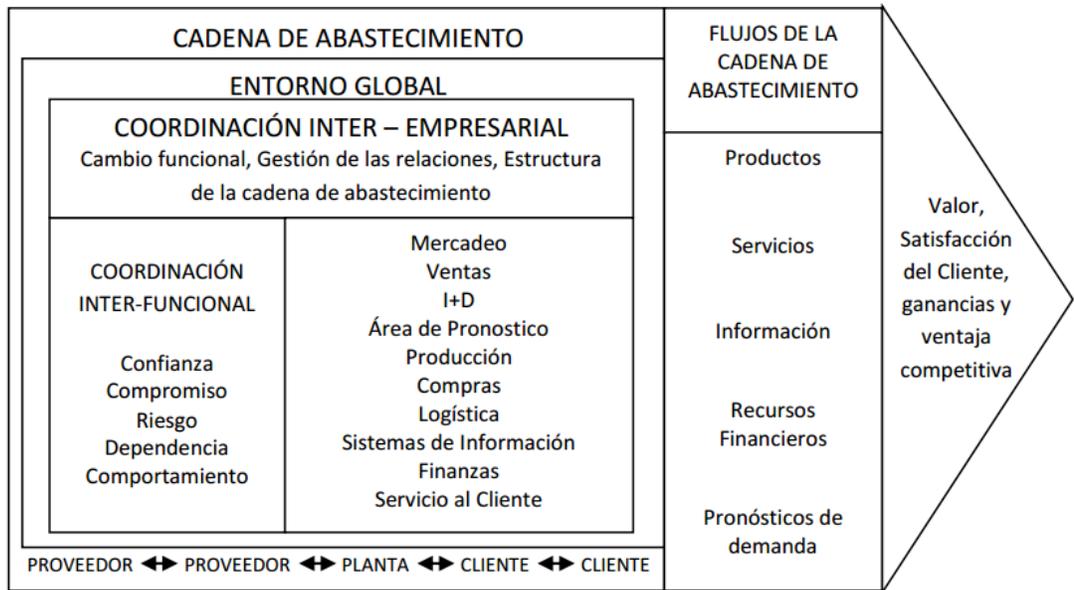


Figura 5. Modelo de Gestión de la Cadena de Abastecimiento.

Fuente: Mentzer, et al., (2001)

### 2.2.3 Gestión del enverdecimiento de la cadena de suministro

La Gestión de Cadena de Suministro Verde o Green Supply Chain Management (GSCM) puede ser definida como la inclusión de un pensamiento ambiental, que cubre desde la integración del diseño del producto, selección y aprovisionamiento de materias primas, producción, distribución y entrega del producto final a los consumidores, hasta el final del ciclo de vida de los productos y la logística inversa (Srivastava, 2007).

Las Cadenas de Suministro Verdes o Ecológicas se han convertido en una necesidad, ya que las preocupaciones ambientales se han mantenido a la vanguardia del debate de los intereses sociales globales y locales. Así mismo la inclusión de los aspectos ambientales en la cadena de suministro, es vista como una ventaja y está siendo adoptado ampliamente por diferentes empresas, lo cual está afectando colectivamente el panorama competitivo actual (Sarkis, 2012).



Figura 6. Green Procurement Principles.

Fuente: Conway Lee, BenQ

Partiendo del desarrollo sostenible de la sociedad y las empresas, gestión de la cadena de suministro verde (GSCM) intensifica el aprendizaje y la cooperación entre las diversas empresas de la cadena de suministro, mejora el nivel verde de toda la cadena de suministro, y se da cuenta de la gestión organizada y coordinada de la cadena de suministro verde por medio de la capacitación de proveedores, foros ambientales, promoción verde y las políticas y regulaciones pertinentes. Por lo tanto, GSCM es un moderno modelo de gestión centrado en el desarrollo coordinado de los beneficios económicos y el entorno ecológico (Zhu y Sarkis, 2006).

El mecanismo de difusión GSCM consiste en la selección e implementación interna de las empresas y de los canales de difusión externos. Para la puesta en práctica de los aspectos GSCM, la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. propuso cuatro pasos básicos para implementar una cadena de suministro verde: identificar los costos, determinar oportunidades, calcular los beneficios, y decidir, implementar y monitorear (EPA, 2000). Existen cinco principales motores influyentes para promover a las empresas a poner en práctica GSCM. Ellos incluyen regulaciones, mercados de clientes, proveedores, competidores y factores internos (Zhu y Sarkis, 2006).

(Walker et al., 2008) declaró que hay un papel cada vez mayor para las organizaciones para minimizar los impactos sobre el medio ambiente mediante la reducción de los envases y residuos, evaluación de proveedores en el desempeño ambiental, el desarrollo

de productos respetuosos con el medio ambiente y la reducción de las emisiones de carbono cuando las mercancías se envían. Además, Kuo et al. Señaló que la energía y el material de la optimización y las cuestiones ambientales en el ciclo de vida se han convertido de vital importancia tanto para los organismos públicos y para las administraciones públicas. Cada vez son más las actividades están exigiendo a los gobiernos ya las empresas a establecer tecnologías de producción respetuosos con el medio ambiente para evitar o reducir las emisiones nocivas en el aire, el agua y el suelo. Para sobrevivir, tanto para reducir los costos y mantener un buen ambiente, gestión de la cadena de suministro verde (GSCM) ha surgido como un enfoque para las organizaciones para equilibrar estas exigencias competitivas. (Toke et al.. 2010) afirma que la GSCM impulsada por el deterioro creciente de medio ambiente no es sólo acerca de ser respetuoso del medio ambiente, sino también acerca de un buen negocio y una mayor ganancia.

Los consumidores se refieren más sobre el medio ambiente que cualquier época anterior. Sin embargo, los precios de los productos verdes son a menudo mucho más altos que el de los productos competidores no verdes. El precio razonable de los productos ecológicos sigue siendo un factor importante en la compra de productos para los consumidores. Por lo tanto, la forma de llevar a cabo la tasación razonable de productos ecológicos se ha convertido en la clave para los productos verdes de dominar el mercado. Hay poca literatura existente que se centra en el precio de la cadena de suministro verde. Chen y Sheu (2009) demuestran que un adecuado diseño de las estrategias de precios ambiental de regulación es capaz de promover la Responsabilidad Extendida del producto para las empresas de la cadena de suministro verde en un mercado competitivo. La clave para asegurar el buen funcionamiento de la cadena de suministro verde es la construcción de una coordinación razonable y un mecanismo de incentivos, así como establecer alianzas estratégicas con el medio ambiente entre los diferentes temas de interés (USAID, 2013).

La cadena de suministro verde, a menudo, se presenta en dos niveles: el proveedor y el fabricante. En vista de la demanda potencial de productos ecológicos en el mercado actual, el fabricante decide llevar a cabo la producción diferencial. Además de la producción de productos no verdes, el fabricante también compra las materias primas de los productos ecológicos con la empresa para investigar y desarrollar un tipo de producto ecológico.

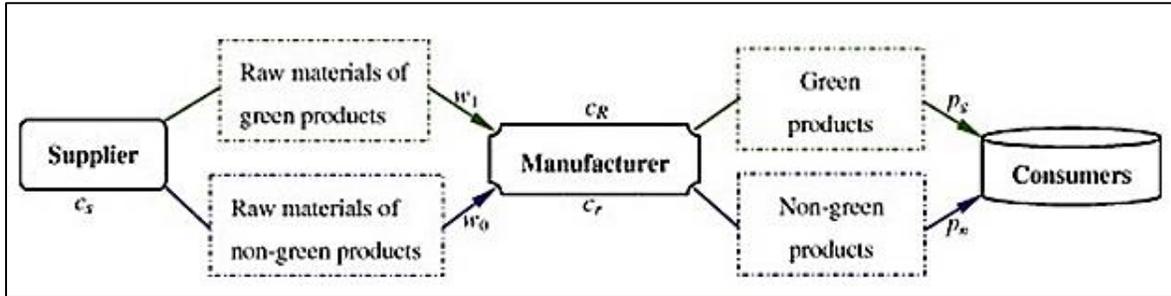


Figura 7. Sistema de la cadena de suministro verde de dos etapas.

Fuente: Zhang, C. "Research on pricing and coordination strategy of green supply chain under hybrid production mode", Junio 2014.

A continuación se presenta un ejemplo en el que se desprende que la mayor oportunidad no está en la huella directa u operación propia, sino en la cadena productiva. Por ello, es imperativo que las empresas no únicamente trabajen en hacer más sustentable su propia operación, sino que trabajen en los otros eslabones de la cadena productiva.

En el caso de Unilever, y de acuerdo a la información publicada en su Plan de Vida Sustentable, su responsabilidad a lo largo de la cadena de suministro se distribuye de la siguiente forma: 26% materia prima, 3% manufactura, 2% transporte, 68% al consumo y exclusivamente un 1% a la disposición final o desecho de los productos. El impacto directo de la empresa de productos estaría principalmente en la manufactura (3%), mientras que el resto, prácticamente el 97%, sería responsable o constituiría la huella o impacto indirecto de su operación. Este ejemplo es indicativo y pudiera ser extrapolado al resto de las empresas proveedoras de productos con operaciones globales (USAID [http://www.cespedes.org.mx/wp-content/uploads/2015/03/Cadenas-Productivas-Sustentables\\_MG.pdf](http://www.cespedes.org.mx/wp-content/uploads/2015/03/Cadenas-Productivas-Sustentables_MG.pdf) , recuperado el 27 de Octubre 2015).



Figura 8. Ejemplo del impacto ambiental en Unilever.

Fuente: Recuperado el 27 de Octubre 2015, de [www.unilever.com.ar/Images/BrochureUSLPCastellanotcm187257717.pdf](http://www.unilever.com.ar/Images/BrochureUSLPCastellanotcm187257717.pdf)

Los investigadores de estos temas se han cuestionado acerca de diversos asuntos relacionados con el enverdecimiento de la cadena de abastecimiento, tales como la consideración de las etapas del ciclo de vida del producto durante la selección del

material (Kaiser, Eagan, & Shaner, 2001), el impacto de la compra verde en la selección de proveedores de las empresas (Zhu & Geng, 2001), la gestión de residuos (Theyel, 2001), el cumplimiento normativo (Min & Galle, 2001), y la manufactura y operaciones verdes (Sarkis, 2001).

De acuerdo con lo anteriormente anunciado, se puede decir que dentro de la literatura se puede distinguir un gran número de iniciativas o prácticas ambientales que pueden ser desarrolladas dentro de la cadena de abastecimiento, las cuales han sido ampliamente discutidas y son generalmente clasificadas dentro de las siguientes categorías: compras verdes, eco-diseño, colaboración ambiental y logística inversa.

#### *2.2.3.1 Compras verdes*

La función de compras se encuentra en una posición crítica para influir a una organización frente a su postura con el medio ambiente, debido a que esta área ha venido adquiriendo un papel más estratégico en las organizaciones (Zsidisin & Siferd, 2001). La integración de cuestiones ambientales con la función de compra es un tema que ha tomado fuerza a nivel académico y empresarial a lo largo de las últimas décadas, generando un gran desarrollo del concepto de compras verdes dentro de las diferentes organizaciones, sobre todo en los países desarrollados.

Existe un gran número de definiciones de este concepto a lo largo de la literatura (Carter & Carter, 1998; Carter, Ellram, & Ready, 1998; Mulder, 1998; Min & Galle, 2001). Sin embargo, una de las definiciones más completas fue la presentada por Zsidisin y Siferd (2001): “Las compras ambientales para una organización comprenden el conjunto de políticas, las medidas adoptadas y las relaciones creadas en respuesta a las preocupaciones asociadas con el medio ambiente; estas preocupaciones se refieren a la adquisición de materias primas (incluyendo la selección de proveedores, evaluación y desarrollo), operación de los proveedores, embalaje, distribución, reciclaje, reutilización, reducción del uso de recursos y disposición final de los productos”.

#### *2.2.3.2 Eco diseño*

El eco diseño se define como un enfoque proactivo de gestión ambiental que integra las cuestiones ambientales en el desarrollo de productos y procesos relacionados. Su objetivo es minimizar el impacto ambiental durante todo el ciclo de vida del producto, y sin perjuicio de otros criterios esenciales, tales como el rendimiento, la funcionalidad, la calidad y el costo (Van Weenen, 1995 y Johansson, 2002).

La aplicación del eco diseño es esencial para las empresas que han reconocido la responsabilidad del medio ambiente en la elaboración de productos siendo vital para el éxito sostenible a largo plazo, ya que promueve la innovación de productos, la mejora de la calidad del producto, el cumplimiento legal, mejora de la imagen, el costo y la reducción

de riesgos, las nuevas oportunidades de negocio, desarrollo de nuevos mercados, etc, (ISO, 2002 , Hauschild et al., 2005 y Wimmer et al., 2010). De acuerdo con la norma ISO 14006 (2011), las organizaciones pueden beneficiarse de eco diseño con independencia de su tamaño, ubicación geográfica, la cultura corporativa y la sofisticación de los sistemas de gestión. Su aplicación puede permitir a las empresas a convertir los retos en oportunidades (Wimmer et al., 2010).

Las actividades desarrolladas en la etapa de diseño pueden variar entre empresas o productos. Sin embargo, los diferentes enfoques del eco-diseño pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- Diseño para la reducción o eliminación del uso de materiales peligrosos como plomo, mercurio, cadmio y cromo (Zsidisin & Siferd, 2001).
- Diseño para la reutilización: es un tipo de diseño que busca facilitar la reutilización de un producto o partes de este con un mínimo tratamiento al producto utilizado (Sarkis J. , 1998).
- Diseño para el reciclaje: es un tipo de diseño que facilita el desensamble del producto al final de su ciclo de vida, separando la partes de acuerdo con los materiales utilizados y reprocesando estos para una posterior reutilización (Lin, Jones, & Hsieh, 2001).
- Diseño para la remanufactura: es un tipo de diseño que facilita la reparación, los reprocesos y la renovación de productos (Beamon, 1999).
- Diseño para el mantenimiento: es un tipo de diseño que busca facilitar las tareas de mantenimiento para poder extender la vida útil de los productos (Giudice, La Rosa, & Risitano, 2006).
- Diseño para el servicio: Busca extender la vida útil de los productos, facilitando las tareas de diagnóstico, mantenimiento, reparación y demás actividades que permitan garantizar el correcto funcionamiento de los productos (Gershenson & Ishii, 1993), en términos generales este enfoque incluye el diseño para el mantenimiento.
- Diseño para la confiabilidad (Rao S. , 1992): este tipo de diseño busca generar productos confiables, los cuales mantengan su funcionalidad por un cierto periodo de tiempo.
- Diseño para el uso eficiente de los recursos, incluida la reducción de los materiales usados y el consumo de energía de un producto durante su uso; además promueve la utilización de recursos y energías renovables.
- Diseño para el desensamble: es un enfoque del diseño, cuyo objetivo es mejorar y optimizar la arquitectura del producto para facilitar la recuperación de partes y materiales.

### 2.2.3.3 Logística Inversa

Aunque durante los últimos años el concepto de logística de reversa ha sido tratado extensamente en la literatura, no existe una definición generalizada y ampliamente aceptada debida a los múltiples aspectos que abarca este concepto: actividades, productos, puntos implicados de origen/destino dentro de la cadena de abastecimiento, actores y objetivos (Fernández, 2004).

Fleischmann M., Krikke, Dekker y Flapper (2000) fueron de los primeros autores en sustentar la idea de que existe una gran confusión alrededor del concepto de logística de reversa y concluyeron que esta puede ser vista como “el proceso efectivo y eficiente de planificación, puesta en práctica y control de los flujos recibidos y el almacenaje de productos secundarios (y de la información con ellos relacionada) opuestos a la dirección de la cadena de valor tradicional, con el propósito de recuperar valor o de proceder a su adecuada eliminación” (Redalyc, 2007).

La logística de reversa puede ser vista como un proceso que se centra en la recuperación de materiales y productos fuera de uso con el fin de recuperar valor mediante los procesos de reciclaje, reutilización, reacondicionamiento, reparación o para mitigar el impacto ambiental de estos al final de su vida útil (Álvarez Gil, Berrone, Husillos, & Lado, 2007). Este nuevo tipo de logística abarca las mismas actividades de la logística tradicional, como el transporte y la gestión de inventarios, pero en lugar de llevar el producto hacia los clientes lo trae de vuelta a la planta (Goldsby & Stank, 2000; Mollenkopf & Closs, 2005).

Unas de las definiciones más completas es la enunciada por Fernández (2004) quien argumenta que la logística de reversa es:

La gestión del flujo de productos (entendiéndose como productos usados o no, productos acabados o componentes, partes, materiales envases o embalajes) que, por distintas razones, se envían por parte de un miembro de la cadena de suministro a cualquier otro miembro previo de la misma cadena. Adicionalmente, se consideran también flujos de Logística Reversa aquellos otros flujos que, aún destinándose fuera de la cadena original, tuvieran su origen localizado en ella, a condición de que se orienten hacia actividades de reparación o recuperación de materiales o valor añadido (Redalyc, 2007).

### 2.2.4 Evaluación de sustentabilidad en productos

En los últimos años, diversos autores han desarrollado y aplicado métodos para la evaluación de la sustentabilidad. Algunos de ellos han puesto el acento en la definición de indicadores ambientales, sociales y económicos (CIAT, 1998; UNDS, 2001). Otros en el establecimiento metodologías de evaluación basadas en la determinación de índices

de sustentabilidad, en las cuales se agrega o sintetiza la información de los indicadores en un solo valor numérico (Taylor et al 1993; Sutton, 2003). Estos enfoques no ofrecen un marco analítico sólido para la derivación de indicadores. Su construcción requiere decisiones arbitrarias en cuanto a la selección, la ponderación y la agregación de los indicadores (Morse y Fraser, 2005).

El último grupo de métodos son los marcos de evaluación. Estos son propuestas metodológicas que permiten guiar el proceso de evaluación mediante diferentes etapas o pasos. Parten de atributos de objetivos generales que son aplicables en diferentes situaciones y sistemas de manejo, y que sirven de guía para derivar criterios e indicadores más específicos (De Camino e Muller, 1993; FAO, 1994; GIDSA, 1996; Masera et al., 2000; Galván-Miyoshi, Masera, López-Ridaura, 2008).

Se pueden identificar tres ventajas principales del desarrollo de los marcos de evaluación: ofrecen un marco analítico para el estudio y la comparación de sistemas de manejo alternativos sobre una base multidimensional; permiten priorizar y seleccionar un conjunto de indicadores para el monitoreo de un sistema de manejo; permiten guiar procesos de planificación y toma de decisiones (Galván-Miyoshi, Masera, López-Ridaura, 2008).

Existe una gran cantidad de conceptos cuantificables, tomados en cuenta para la evaluación de sustentabilidad de un producto, de estos conceptos depende el “grado” de sustentabilidad del mismo, comparándolo con otros de distintas características (IHOBE, 2009).

En un producto, la herramienta principal para evaluar la sustentabilidad, es el análisis de ciclo de vida, con el cual se miden las emisiones desde la obtención de la materia prima hasta su fin de ciclo de vida.

Las evaluaciones realizadas dentro del análisis de ciclo de vida son referidas a cinco categorías de impacto ambiental (IHOBE, 2009);

- a) Aire.
- b) Recursos naturales.
- c) Cambio climático.
- d) Impactos terrestres y acuáticos.
- e) Salud de la población.

En la primera categoría se resalta que estamos inmersos en una atmósfera, llena de gases que son necesarios para que pueda existir la vida y es necesario tener una buena calidad del aire. Las cuantificaciones de la contaminación atmosférica se pueden resumir en contaminantes físicos, químicos y biológicos.

Los cambios climáticos (cambio climático y calentamiento global) son el resultado de las emisiones generadas por el humano para satisfacer sus necesidades, agotamiento de agua y suelos es consecuencia de lo mismo, sólo que esto no quiere decir que el agua y el suelo dejarán de existir, el daño es que no se podrán utilizar estos recursos en determinado momento, para este caso se realizan pruebas midiendo la eutrofización del agua, la eco-toxicidad acuática y terrestre, por mencionar algunas (Rieznik, Hernández, 2005).

En conjunto todos los impactos son consecuencia de la acción del ser humano sobre la naturaleza, lo cual afecta a su salud, es por ello que se hacen distintas pruebas de la contaminación de cada uno de los impactos mencionados, para que no afecten el ciclo de vida del ser vivo, o lo hagan, pero procurando el menor de ellos. El impacto que se concentra en los seres humanos viene dado por tres grupos que son la toxicidad humana, la radiación ionizante y la degeneración de las vías respiratorias (Rieznik, Hernández, 2005).

Cabe resaltar que la evaluación de sustentabilidad en productos no sólo es preservar el medio ambiente y los recursos naturales, esto también y principalmente, está dirigido a desarrollar un producto que sea costeable, que represente un porcentaje de ganancias en la empresa, que su proceso de manufactura sea el más rentable, que su ciclo de vida sea el más óptimo y demás asuntos relacionados al desarrollo económico de las empresas (Rieznik, Hernández, 2005).

### **2.2.5 Análisis del ciclo de vida**

El Análisis de Ciclo de Vida es la metodología que se utiliza actualmente para evaluar la carga medioambiental de un producto, proceso o actividad en todo su ciclo de vida (Capuz y Gómez 2004). Consiste en un procedimiento utilizado para cuantificar las entradas y las salidas relacionadas con un producto o un sistema activo. Se puede utilizar para evaluar el rendimiento ambiental de productos industriales o de consumo masivo desde el origen de su producción hasta el fin de su uso. El ACV es un proceso “para evaluar la carga ambiental relacionada a productos, procesos o actividades, para identificar el impacto potencial sobre el medio ambiente que proviene de los consumos de materia o energía, para identificar y evaluar “posibles mejorías en el producto” (Ekvall, 2005)

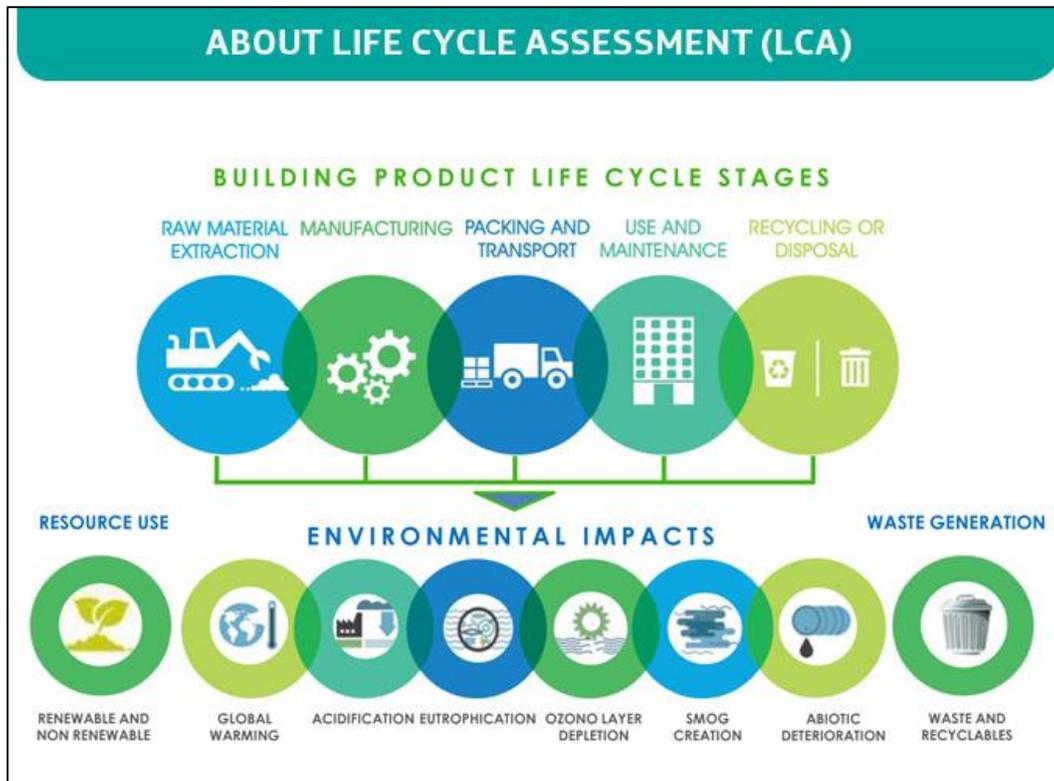


Figura 9. About Life Cycle Assesment

Fuente: Recuperado el 27 de Octubre 2015, de <http://www.dapco.cl/en/about-life-cycle-assessment-lca-en.html>

La perspectiva “desde la cuna hasta la tumba” que el ACV abarca, permite juzgar y mejorar el rendimiento ambiental durante todo el ciclo de vida, así como determinar mejoras implícitas en niveles específicos, también el ACL puede usarse en una perspectiva limitada (“de proceso a proceso”) que puede ser de particular interés sí la empresa quiere analizar en detalle una parte limitada del ciclo de vida que está bajo su propio control (SETAC, 1993).

La aplicación del ACV abarca cuatro etapas de aplicación general definidas en la norma ISO 14040 y son las siguientes:

1. Definición de meta y alcance
2. Análisis de inventario
3. Evaluación de impacto
4. Interpretación

Este proceso no es estático, por el contrario utiliza una operación de retroalimentación que afina los objetivos iniciales para garantizar una mayor calidad en el resultado final. (Fullana, 1997).

La primera etapa incluye una definición detallada de los parámetros que tengan impacto relevante en toda la evaluación tales como los objetivos del estudio, los límites del sistema, todas las entradas y salidas, y las variables de calidad de información de entrada en términos de tiempo de recolección, área geográfica, tecnología, etc.

La segunda etapa comprende la recolección de datos sobre los materiales y procesos usados en el ciclo de vida específico algunas variables de interés son por ejemplo las cantidades de materia prima, energía, emisiones y desechos involucrados en los procesos de transformación y uso. La calidad de los datos recolectados es crucial para la etapa de análisis de resultados, al final de esta etapa se puede compilar la llamada “tabla de inventario”.

La tercera etapa consiste en la conversión del inventario en una evaluación cuantitativa y amistosa del impacto ambiental a través de usos de ciertos métodos denominados “indicadores”. Este procedimiento no está estandarizado de modo que su selección está sujeta al criterio del analista del ciclo de vida. Finalmente se llega a la etapa de interpretación en las cuales las observaciones se utilizan para retroalimentar y refinar todo el ACL, para mejorar los procesos y para reorientar el diseño hacia nuevos procesos y productos desde una perspectiva medioambiental amistosa. (De Monte et al, 2003).

#### 2.2.5.1 Unidad Funcional

La norma UNE-EN ISO 140040 define a la Unidad Funcional como: “Desempeño cuantificado de un sistema del producto como su uso como unidad de referencia”

Este concepto es fundamental para comparar dos o más alternativas de producto, ya que no se puede comparar o analizar el producto físico en sí, sino la cantidad de recursos necesarios para realizar la función de estudio.

Cuando se vaya a realizar el inventario de información del producto, se debe realizar en base a la unidad funcional definida; así en la etapa de consumo de materiales. La cantidad de recursos que serán necesarios de ambos embalajes deben cumplir con dicha función (Guía de Ecodiseño, Instituto Tecnológico del Plástico, 2001)

Un ejemplo de unidad funcional puede ser el siguiente:

Tabla 1. Ejemplo de Unidad Funcional.

<b>Producto</b>	<b>Conceptos del producto</b>	<b>Unidad funcional</b>
Vehículo	Mismo vehículo con catalizador o sin catalizador	Un número fijo de kilómetros recorridos en su fase de uso

### 2.2.5.2 Eco-indicadores

Los Eco-indicadores son números que expresan el impacto ambiental total de un proceso o producto. Con los Eco-indicadores estándar, cualquier diseñador o gestor de productos puede analizar las cargas ambientales de determinados productos durante su Ciclo de Vida (IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2009).

Las materias primas tienen que extraerse, el producto tiene que fabricarse, distribuirse, embalsarse y por último, eliminarse. Durante la utilización de los productos suele producirse también un impacto ambiental, ya que en esta etapa del Ciclo de Vida se suele consumir energía o materiales. Si deseamos valorar el daño ambiental de un producto, debemos estudiar todas las etapas de su Ciclo de Vida. El análisis ambiental de todas las fases del Ciclo de Vida recibe el nombre de Análisis del Ciclo de Vida (LCA o Life Cycle Assessment):

En definitiva, un diseñador que quiera emplear Análisis del Ciclo de Vida en el proceso de diseño, se enfrenta a dos problemas:

- El resultado del Análisis completo del Ciclo de Vida es muy difícil de interpretar. En este Análisis es posible determinar la contribución del Ciclo de Vida de un producto al efecto invernadero, la acidificación y otros problemas ambientales aunque se desconozca el impacto ambiental total. La razón es la falta de coeficientes mutuos de los impactos ambientales.
- En general, la recopilación cuidadosa de los datos ambientales de los ciclos de vida de un producto es compleja y lleva mucho tiempo. Como resultado de esto, los LCAs extensivos no pueden realizarse normalmente durante el proceso de diseño.

Los eco-indicadores han resuelto estos problemas de la siguiente manera:

- El método LCA se ha desarrollado para incluir un método de coeficientes de ponderación. Esto permite calcular un solo valor para el impacto ambiental total basado en los efectos calculados. Esta cifra recibe el nombre de Eco-indicador.
- Los datos se han recopilado previamente en el caso de la mayoría de los materiales y procesos, y de ahí se ha calculado el Eco-indicador. Se han definido los materiales y los procesos de tal forma que encajen como las piezas de un puzzle. De esta forma, se obtiene un indicador de la producción de un kilo de polietileno, uno de su moldeado y otro indicador de la incineración de ese kilo de polietileno.

El Eco-indicador de un material o proceso es un número que indica el impacto ambiental de un material o proceso, con base en datos de la evaluación de un ciclo de vida. Cuanto mayor sea el indicador, mayor será el impacto ambiental. Actualmente existen dos tipos

de Eco-indicadores estándar, el eco-indicador 95 y el 99 (IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2009).

En el Eco-indicador 99 se ha definido el término "medio ambiente", con tres tipos de daños:

- Salud Humana: En esta categoría se incluye el número y la duración de las enfermedades. Los efectos que incluimos son: el cambio climático, el agotamiento capa de ozono, efectos carcinógenos, efectos respiratorios y radiación.
- Calidad del Ecosistema; En esta categoría incluimos el efecto sobre las especies la diversidad, especialmente para plantas vasculares y organismos inferiores. Los efectos que incluimos son: ecotoxicidad, acidificación, la eutrofización y el uso de la tierra.
- Recursos; En esta categoría se incluye el superávit de energía necesaria en futuro para extraer recursos minerales y fósiles de calidad inferior. El agotamiento de los recursos agrícolas y áridos como arena y grava se considera bajo uso de la tierra.

Los valores del Eco-indicador estándar pueden ser considerados como figuras adimensionales. Como unidad usamos el punto Eco-indicador (Pt). Con frecuencia se le suele llamar mili-punto (MPT), por lo que  $700 \text{ mPt} = 0,7 \text{ Pt}$ . El valor absoluto de los puntos no es muy relevante ya que el propósito principal es comparar las diferencias relativas entre los productos o componentes. La escala es elegido de tal manera que el valor de 1 Pt es representativa de un milésimo de la carga ambiental anual de un habitante medio europeo (IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Ambiental, 2009).

### **2.3 Software para la cuantificación de sustentabilidad en productos**

En la actualidad existen muchas empresas desarrolladoras de software de herramientas que son utilizadas para la evaluación de sustentabilidad en productos, algunas son alusivas a productos existentes y se encargan de desarrollar una evaluación con base a comparaciones entre productos, otras herramientas difieren en que se pueden realizar análisis de ciclo de vida de un prototipo, dentro del cual se tienen acercamientos muy estrechos con su ciclo de vida real, dando como resultado, herramientas para la toma de decisiones en la empresa que desee colocar un nuevo producto en la sociedad, planeando estrategias para que sean mayores las ganancias y antes de que se pase a una etapa de no retorno en el cual se pierda dinero, para rediseñar algún producto ya existente y por supuesto para innovar y destacar de los competidores (Sandoval José, 2014).

La mayoría de los paquetes de cómputo emplea el análisis del ciclo de vida para realizar mediciones en cada etapa del ACV, por ello la valía de éstos, ya que hacer todas las evaluaciones de cada parte, ensamble o sub-ensamble y demás en cada etapa del ACV,

sería una tarea desgastante y costosa realizándola sin estas herramientas, los paquetes de cómputo funcionan de tal manera que combinan las metodologías antes vistas para realizar una evaluación del ACV (IHOBE, 2009).

### **2.3.1 Sustainable minds**

*Sustainable Minds SM 2013* es un software de diseño para productos sustentables que utiliza una metodología de evaluación del ciclo de vida, incluye factores continuamente actualizados de impacto de todo todas las etapas del ciclo de vida de los productos: materiales, procesos, insumos uso de la etapa, el transporte y al final de la vida (Recuperado el 27 Octubre 2015, de <http://www.sustainableminds.com>).

Está dirigido a los diseñadores de producto, ingenieros de producción, y empresas enfocadas a los ámbitos de sustentabilidad, consultorías e incluso puede ser utilizado para la educación haciendo uso de él.

Los factores de impacto permiten a los equipos de diseño llevar a cabo las comparaciones de 3 categorías sobre una base de 10 indicadores de impacto.

- El daño ecológico: el calentamiento global, emisiones de carbono, acidificación, ecotoxicidad, el agotamiento del ozono, la eutrofización.
- Daños a la salud humana: el smog, efectos respiratorios, cancerígenos y no cancerígenos.
- Agotamiento de los recursos: el agotamiento de los combustibles fósiles.

A continuación se suscriben los factores de impacto que Sustainable Minds utiliza para la evaluación de sostenibilidad de productos:

#### Acidificación.

La acidificación es la distribución de los compuestos ácidos a través del aire al suelo, agua y ciudades.

Los ácidos y compuestos acidificantes caen a la tierra después de recorrer los vientos dominantes de hasta 600 millas. Los contaminantes primarios que componen la deposición ácida son los óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre. Una vez que llegan a la atmósfera, donde circulan durante hasta catorce días, estos compuestos forman un conjunto de contaminantes secundarios. Estos contaminantes caen a la tierra en dos formas: las partículas ácidas, conocido como deposición seca, y en la lluvia, la nieve, la niebla y el vapor de las nubes, las formas conocidas como deposición húmeda o, más comúnmente, la lluvia ácida.

La acidificación de los ecosistemas acuáticos hace que el pH del agua disminuya, creando un ambiente tóxico para los peces. El problema para los peces se ve agravado

por la acidificación de los suelos en los cuerpos de agua de la tierra circundante. La deposición ácida libera iones de aluminio en el suelo. Llevada por la escorrentía en los lagos, estos iones sobre-estimulan la producción de enmalle, obstrucción mucosa de los peces, lo que conduce a la asfixia.

Estrategias de mitigación de Diseño.

La reducción de la dependencia del mundo en el carbón y otras energías generadas en combustibles fósiles sería un paso importante en la reducción de la deposición ácida. Los diseñadores pueden:

- Mejorar la eficiencia energética de sus productos
- Cambiar a la baja generación de electricidad emisión pila como la solar, eólica, y energía nuclear.
- Mejorar la tecnología para la captura de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno en las chimeneas y los óxidos de nitrógeno en los tubos de escape de los vehículos de motor.

### Ecotoxicidad.

Ecotoxicidad es la capacidad de un producto químico o sustancia de dañar la salud de las plantas, animales y organismos microbianos. Los contaminantes ambientales son insumos artificiales que dañan a la Tierra, al afectar negativamente a la salud de los organismos y su descendencia o por perturbar el funcionamiento normal de los ecosistemas en los que viven.

### Eutrofización.

Es el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. El uso más extendido se refiere específicamente al aporte más o menos masivo de nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático. Eutrofizado es aquel ecosistema o ambiente caracterizado por una abundancia anormalmente alta de nutrientes. El desarrollo de la biomasa en un ecosistema viene limitado, la mayoría de las veces, por la escasez de algunos elementos químicos, como el nitrógeno en los ambientes continentales y el fósforo en los marinos, que los productores primarios necesitan para desarrollarse y a los que llamamos por ello factores limitantes. La contaminación puntual de las aguas, por efluentes urbanos, o difusa, por la contaminación agraria o atmosférica, puede aportar cantidades importantes de esos elementos limitantes. El resultado es un aumento de la producción primaria (fotosíntesis) con importantes consecuencias sobre la composición, estructura y dinámica del ecosistema.

La eutrofización produce de manera general un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad.

## Estrategias de mitigación de Diseño.

Para reducir la entrada de nutrientes en los cuerpos de los diseñadores de agua debe minimizar o eliminar el nitrato (o nitrito) o compuestos de fosfato en sistemas acuosos (tales como detergentes). Asegurar que los productos agrícolas o forestales (como el maíz, la bio-plástico hecho de maíz, madera o papel) se cultivan de una manera que no permite el escurrimiento de estos productos químicos en las aguas superficiales.

## Calentamiento global.

El calentamiento global es el aumento de la temperatura media de la atmósfera de la Tierra debido a las emisiones generadas por los humanos en el aire. El calentamiento global se refiere más técnicamente como "Cambio Climático Global", porque a pesar de que la temperatura media de la superficie de la Tierra aumenta, algunas áreas pequeñas pueden experimentar caídas en la temperatura.

## Estrategias de mitigación de Diseño.

Los diseñadores pueden mejorar la eficiencia de energía, al cambiar a fuentes de energía libres de carbono (energía solar, eólica, la electricidad nuclear) o eliminar el uso de la energía todos juntos. Muchos biocombustibles o hidrógeno pueden tener huellas de carbono tan o más grandes que las fuentes de combustibles fósiles.

## El agotamiento de la capa de ozono.

El agotamiento del ozono es la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera de la Tierra por las emisiones al aire generadas por los humanos.

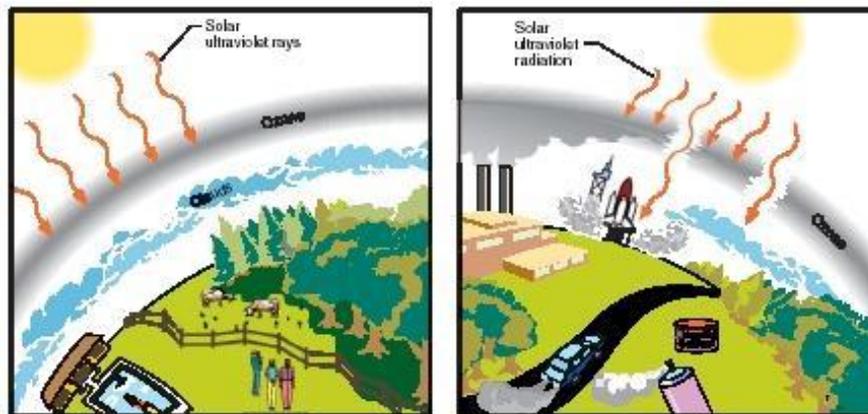


Figura 10. Agotamiento de la capa de Ozono

Fuente: Recuperado el 27 de Octubre 2015, de [www.scienceclarified.com](http://www.scienceclarified.com)

## Definición y causas.

Hace unos 3,5 millones de años, organismos unicelulares conocidos como cianobacterias desarrollaron la capacidad de realizar la fotosíntesis; es decir, para utilizar la luz solar como fuente de energía en la transformación del dióxido de carbono gaseoso de la atmósfera en carbono para el crecimiento y la reproducción. Situada en la baja estratosfera, la capa de ozono se compone de moléculas que contienen tres átomos de oxígeno. En conjunto, estas moléculas forman un filtro atmosférico que absorbe aproximadamente el 95 por ciento de la radiación ultravioleta (UV) dañinos del sol, evitando que alcance la superficie de la Tierra.

Pero en 1974 los químicos Sherwood Rowland y Mario Molina de la Universidad de California mostraron que las concentraciones de ozono en la atmósfera estaban disminuyendo. El "adelgazamiento" representaba una amenaza no sólo para la salud y el bienestar de los seres humanos y otros animales, sino también a los organismos fotosintéticos como plantas.

Fuente: Sustainable Minds (Recuperado 27 Octubre 2015, de <http://www.sustainableminds.com>).

## **CAPÍTULO 3. Desarrollo**

---

### **3.1 Evaluación de sustentabilidad en productos comerciales**

Para llevar a cabo la evaluación de sustentabilidad de uno o varios productos es necesario realizar una exhaustiva recopilación de datos referentes a los mismos. En este estudio se presenta una comparación del impacto de diferentes presentaciones/marcas del empaque de un producto con la finalidad de optimizar y racionalizar el uso de los diferentes materiales de empaque a través de la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

Los parámetros de calidad a considerar a la hora de establecer la unidad funcional de cada una de estas presentaciones son: protección de la galleta, protección mecánica y consideraciones estéticas. Las consideraciones de calidad en cuanto a la protección del producto exigen que este sea resistente a la humedad y al oxígeno a través de su empaquetamiento, bien sea en un material flexible impermeable. En todos los casos, éste deberá tener una vida útil de un mínimo de 3 meses y hasta un año. El objetivo es evitar la absorción de humedad por la galleta y protegerla del aire para evitar la oxidación de las grasas y consecuente deterioro del sabor. En cuanto a la protección mecánica, se pretende tener unos empaques que sean apilables adecuadamente en las estanterías de los expendios de alimentos, evitando que la galleta se fracture.

Con respecto a las consideraciones estéticas, el empaque externo debe mostrar las normas de etiquetado, según lo señala el capítulo IV de la NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010: Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria, que ésta disponible en el ANEXO III del presente trabajo. En resumen, los requisitos de etiquetado obligatorios de alimentos que establece la Norma son:

- Los productos deben presentarse con una etiqueta en la que se describa o se empleen palabras, ilustraciones u otras representaciones gráficas que se refieran al producto.
- Nombre o denominación del alimento.
- Lista de ingredientes.
- Contenido neto y masa drenada.
- Nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal del responsable del producto.
- País de origen
- Identificación del lote
- Fecha de caducidad o de consumo preferente.
- Tabla de Información nutrimental.

### 3.2 Proceso de evaluación de los empaques

Los productos que se eligieron para la realización de éste análisis son los siguientes:

Producto A.	Galletas Surtidas 546 g.
Producto B.	Galletas Surtidas 522 g.
Producto C.	Galletas Surtidas 454 g.
Producto D.	Galletas Surtidas 568 g.

Para poder realizar el análisis, se adquirieron los productos mencionados en la Tienda UNAM. Como se mencionó anteriormente, el análisis del ciclo de vida, sólo toma en cuenta el empaque. Definiendo a la unidad funcional como:

**Unidad Funcional:** Recipiente que permite conservar las propiedades físicas y químicas de diferentes tipos de galletas en un solo envase, con capacidad máxima de 600 gramos.

Una vez adquiridos, se realizó el análisis físico de los cuatro elementos, calculando su peso y dimensiones de cada uno de los componentes de cada empaque, y posteriormente, se dio a la tarea de investigar de que material estaba hecho cada uno.

Para definir el tipo de polímero del que se trataba se realizaron algunas pruebas físicas y químicas, tomando como referencia el “Diagrama general del comportamiento de los plásticos” proporcionado por el Manual de Prácticas del Laboratorio de No Metálicos. El detalle de las pruebas realizadas se encuentra en el ANEXO II del presente trabajo. En la investigación realizada para obtener datos referentes a las piezas, se hicieron algunas idealizaciones, puesto que no se hallaron datos exactos que contribuyeran a la evaluación de sustentabilidad, los detalles se encuentran en la sección siguiente. Se realizaron fichas técnicas de cada componente, de los cuatro productos, que, de igual manera, se encuentran en el ANEXO I del presente trabajo.

Una limitante de la evaluación del ciclo de vida, es que se excluye del análisis el paso del producto por el CEDIS, debido a que la herramienta no incluye este eslabón en para medir el impacto que conlleva.

A continuación se muestran la documentación de los productos, dando un mayor énfasis a la Unidad Funcional.

### 3.2.1 Producto A



Figura 11. Producto A.

Producto:	Bolsa de galletas “Surtido Rico”
Clave:	Galletas Surtidas 546.
Dimensiones:	Largo: 29 cm. Ancho: 22 cm. Profundidad: 5 cm.
Descripción exterior del producto:	Bolsa metalizada color naranja impresa en su totalidad, en la parte delantera se muestra la marca, el contenido neto, el logotipo y una imagen representativa. En la parte trasera se muestran las 11 descripciones nutrimentales correspondientes al contenido; así como datos de fabricación (lugar, teléfono) y países en los que tiene cobertura.
Descripción interior del producto:	En el interior de la bolsa se encuentra un contenedor de plástico que aguarda a 74 galletas en 8 compartimentos, incluidas dos bolsitas de plástico con 4 galletas de barquillo cada una.
Kilómetros transportados:	De la planta ubicada en Norte 45, Industrial Vallejo; se traslada a la Tienda UNAM, ubicada en Mario de la Cueva s/n, Ciudad Universitaria; recorriendo en total 23.1 km.



Figura 12. Distribución Galletas Surtidas 546.

Medio de transporte actual:

Actualmente, son transportadas en camiones KW T370 híbrido diesel-eléctrico de dos motores, a partir de la ignición, hasta los 45 km/h utiliza el motor eléctrico y al llegar a esa velocidad, el sistema intercambia la operación al motor diesel, que cumplen con las Normas EPA 04 y EURO 04. Capacidad de carga: 18 toneladas. Gasto: 38 g/km/ton (diesel).

Modo distribución:

Cada paquete pesa 546 gr, 12 paquetes conforman una caja, y a su vez, un contenedor tiene 12 cajas, es decir, 144 paquetes.

Tabla 2. Componentes del Producto A.

Componente.	Material.	Peso.	Procesos manufactura.	Disposición final.
<p>Bolsa metalizada.</p> 	Polipropileno Biorientado. BOPP.	9.2 g.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impresión.</li> <li>2. Sellado.</li> <li>3. Corte.</li> </ol>	Relleno Sanitario.
<p>Contenedor de galletas.</p> 	Polipropileno, PP	35.4 g.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Termo-Conformado</li> </ol>	Reciclado
<p>Bolsa de celofán (2).</p> 	Celofán	1 g.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sellado.</li> <li>2. Corte</li> </ol>	Reciclado

### 3.2.2 Producto B



Figura 13. Producto B.

Producto:	Caja de galletas "Surtido Rico".
Clave:	Galletas Surtidas 522.
Dimensiones:	Largo: 29 cm. Ancho: 26.5 cm. Espesor: 5.8 cm
Descripción exterior del producto:	Caja de cartón rectangular naranja forrada con una bolsa transparente sellada. En la parte delantera se muestra en grande la marca, el contenido neto y una imagen representativa. En la parte trasera se muestran 12 tablas nutrimentales correspondientes al contenido; así como datos de fabricación (lugar, teléfono) y países en los que tiene cobertura.
Descripción interior del producto:	En el interior de la caja se encuentran dos empaques metalizados que envuelven a un contenedor de plástico y éste a su vez las galletas. Cada empaque metalizado contiene a 29 galletas divididas en 7 secciones. Dentro del contenedor además hay 4 bolsitas que empaquetan de forma separada a 12 galletas.
Kilómetros transportados:	De la planta ubicada en Norte 45, Industrial Vallejo; se traslada a la Tienda UNAM, ubicada en Mario de la Cueva s/n, Ciudad Universitaria; recorriendo en total 23.1 km.



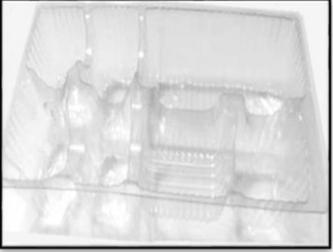
Figura 14. Distribución Galletas Surtidas 522.

Modo distribución: Actualmente, son transportadas en camiones KW T370 hibrido diesel-eléctrico de dos motores, a partir de la ignición, hasta los 45 km/h utiliza el motor eléctrico y al llegar a esa velocidad, el sistema intercambia la operación al motor diesel, que cumplen con las Normas EPA 04 y EURO 04. Capacidad de carga: 18 toneladas. Gasto: 38 g/km/ton (diesel).

Medio de transporte actual: Cada paquete pesa 522 gr, 12 paquetes conforman una caja, y a su vez, un contenedor tiene 12 cajas, es decir, 144 paquetes.

Tabla 3. Componentes del Producto B.

Componente.	Material.	Masa	Procesos manufactura	Disposición final.
Bolsa exterior 	PVC	2.9 g	1. Sellado. 2. Corte.	Reciclado
Caja. 	Cartón	125 g	1. Dimensiones y rayado de la caja. 2. Impresión. 3. Corte. 4. Ensamble	Reciclado.
Empaque metalizado grande (2 pzas) 	Polipropileno Biorientado	4.1 g.	1. Sellado 2. Corte	Relleno sanitario.

<p>Contenedor de galletas (2 pzas.).</p> 	<p>Polipropileno, PP</p>	<p>16.2 g</p>	<p>1. Termoconformado</p>	<p>Reciclado</p>
<p>Bolsa de celofán (4 pzas.).</p> 	<p>Celofán</p>	<p>1 g.</p>	<p>1. Sellado. 2. Corte.</p>	<p>Reciclado</p>
<p>Bolsa metalizada pequeña (4 pzas.).</p> 	<p>Polipropileno Biorientado</p>	<p>0.5 g</p>	<p>1.Sellado 2.Corte</p>	<p>Relleno sanitario.</p>

### 3.2.3 Producto C



Figura 15. Producto C.

Producto:	Galletas Surtidas 454 g.
Clave:	Surtido Rico 454.
Dimensiones:	Largo: 30 cm. Ancho: 22 cm. Profundidad: 4.8 cm
Descripción exterior del producto:	La caja de cartón está envuelta por una película plástica, es de color rojo y está en su totalidad impresa. Por la parte delantera se muestra una imagen representativa, marca, contenido, y en la trasera se presenta una tabla nutricional de cada tipo de galleta que contiene.
Descripción interior del producto:	En el interior se encuentran dos bolsas de celofán que contiene cada una a 30 galletas mediante un compartimiento de plástico.
Kilómetros transportados:	De la planta ubicada en Leandro Valle 404, Toluca de Lerdo; se traslada a la Tienda UNAM, ubicada en Mario de la Cueva s/n, Ciudad Universitaria; recorriendo en total 64.4 km.
Medio de transporte actual:	Cada paquete pesa 454 gr, 12 paquetes conforman una caja, y a su vez, un contenedor tiene 12 cajas, es decir, 144 paquetes.

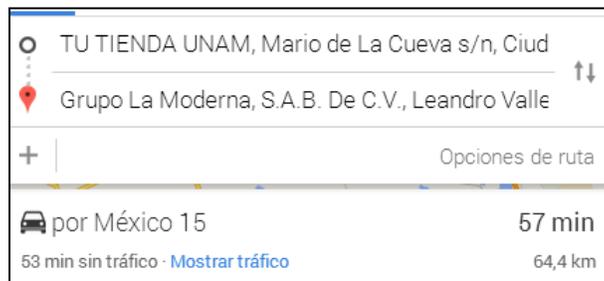
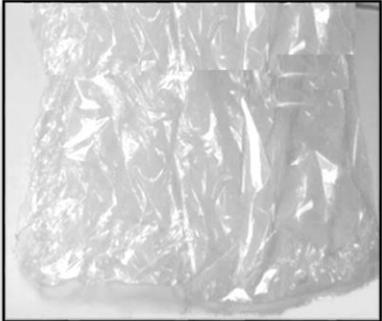


Figura 16. Distribución Galletas Surtidas 454.

Tabla 4. Componentes del Producto C.

Componente	Material	Masa	Procesos manufactura	Fin ciclo de vida
<p>Bolsa exterior (Película para envolver).</p> 	PVC	2 g	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sellado.</li> <li>2. Corte.</li> </ol>	Reciclado
<p>Caja.</p> 	Cartón	85.6 g.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dimensiones y rayado de la caja.</li> <li>2. Impresión.</li> <li>3. Corte.</li> <li>4. Ensamble</li> </ol>	Reciclado.
<p>Contenedor (2 pzas.).G</p> 	Polipropileno, PP	9.9 g.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Termocon Formado</li> </ol>	Reciclado
<p>Bolsa de celofán (2 pzas.).</p> 	Celofán	3.1 g.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sellado.</li> <li>2. Corte</li> </ol>	Reciclado

### 3.2.4 Producto D



Figura 17. Producto D

Producto:	Galletas Surtidas 568 g.
Clave:	Surtido Rico 568.
Dimensiones:	Largo: 29.4 cm. Ancho: 24.3 cm. Profundidad: 4.8 cm
Descripción exterior del producto:	La caja de cartón está envuelta por una película plástica, es de color blanco casi en su totalidad e impresa en algunas partes. Por la parte delantera se muestra una imagen representativa, marca, contenido, y en la trasera se presenta una tabla nutrimental de cada tipo de galleta que contiene.
Descripción interior del producto:	En el interior se encuentra una bolsa de celofán que contiene a 43 galletas mediante un compartimiento de plástico.
Kilómetros transportados:	De la planta ubicada en Narciso Mendoza s/n, San Pedro Atzompa, Tecámac, Estado de México; se traslada a la Tienda UNAM, ubicada en Mario de la Cueva s/n, Ciudad Universitaria; recorriendo en total 54.2 km.
Medio de transporte actual:	Cada paquete pesa 568 gr, 12 paquetes conforman una caja, y a su vez, un contenedor tiene 12 cajas, es decir, 144 paquetes.



Figura 18. Distribución Galletas Surtidas 568.

Tabla 5. Componentes del Producto D.

Componente	Material	Peso	Procesos manufactura	Fin ciclo de vida
<p>Bolsa exterior (Película para envolver).</p> 	PVC	3 g	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sellado.</li> <li>2. Corte.</li> </ol>	Reciclado
<p>Caja.</p> 	Cartón	66 g.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dimensiones y rayado de la caja.</li> <li>2. Impresión.</li> <li>3. Corte.</li> <li>4. Ensamble</li> </ol>	Reciclado.

<p>Contenedor.</p> 	<p>Polipropileno, PP</p>	<p>27 g.</p>	<p>1. Termocon Formado</p>	<p>Reciclado</p>
<p>Bolsa de celofán.</p> 	<p>Celofán</p>	<p>4 g.</p>	<p>1. Sellado. 2. Corte</p>	<p>Reciclado</p>

### 3.3 Simulación en la herramienta Sustainable Minds

Con la información documentada anteriormente, se procedió al vaciado de los datos en la herramienta Sustainable Minds.

En la herramienta, a cada producto a analizar, se le conoce como Concepto, por lo que al final de la evaluación se tienen 4 conceptos. Cada concepto está dividido por los componentes que conforman a cada empaque.

En seguida se presenta el desarrollo en ésta herramienta del Producto B, procedimiento que se llevó a cabo con los tres empaques restantes. Como se muestra en la figura siguiente, se debe ir completando la información dependiendo la etapa en la que se encuentre la herramienta, puede ser Manufactura, Uso, Fin del Ciclo de Vida o Transporte. En la Figura 19, se observa señalada la etapa de Manufactura.

<a href="#">Manufacturing</a> <span style="margin-left: 20px;"><a href="#">Use</a></span> <span style="margin-left: 20px;"><a href="#">End of life</a></span> <span style="margin-left: 20px;"><a href="#">Transportation</a></span>								<a href="#">System BOM &gt;</a> <a href="#">Manufacturing stage &gt;</a> <a href="#">Packaging &gt;</a>	
<span style="margin-right: 10px;">Add a Part +</span> <span style="margin-right: 10px;">Add Sub-Assembly +</span> <span>Import BOM +</span>									
Name	Material/Process	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID	
-  Bolsa exterior		1	2.9	g	7.21x10 <sup>-4</sup>	0.0119	M	1	<span>Process +</span>
Material	Polyvinyl chloride, PVC		2.900000	g	4.51x10 <sup>-4</sup>	0.00572	M		
Process	Stretch blow molding, plastic		2.900000	g	2.71x10 <sup>-4</sup>	0.00619	M		
-  Empaque metaliza		2	4.1	g	0.00130	0.0204	M	3	<span>Process +</span>
Material	Polypropylene, PP		4.099999	g	5.39x10 <sup>-4</sup>	0.00806	M		
Process	Calendering, rigid sheet, pla		4.099999	g	1.10x10 <sup>-4</sup>	0.00213	M		
-  Contenedor de gall		2	16.2	g	0.00467	0.0789	M	4	<span>Process +</span>
Material	Polypropylene, 50% virgin 5		16.20000	g	0.00147	0.0223	M		
Process	Thermoforming, plastics		16.20000	g	8.62x10 <sup>-4</sup>	0.0171	M		
-  Bolsa celofán.		4	1	g	8.80x10 <sup>-4</sup>	0.00971	M	5	<span>Process +</span>
Material	Cellulose acetate		1	g	1.92x10 <sup>-4</sup>	0.00192	M		
Process	Extrusion, plastics		1	g	2.78x10 <sup>-5</sup>	5.07x10 <sup>-4</sup>	M		
-  Bolsa metalizada.		4	0.5	g	3.17x10 <sup>-4</sup>	0.00497	M	6	<span>Process +</span>
Material	Polypropylene, PP		0.5	g	6.58x10 <sup>-5</sup>	9.82x10 <sup>-4</sup>	M		
Process	Calendering, rigid sheet, pla		0.5	g	1.35x10 <sup>-5</sup>	2.59x10 <sup>-4</sup>	M		
Caja	Paperboard 100% Recycled 1		125	g	0.0116	0.243	M	2	<span>No Processes available</span>
<b>Manufacturing total</b>					<b>0.0195</b>	<b>0.369</b>	<b>M</b>		

Figura 19. Detalle del Producto A en Manufactura.

Al haber completado la etapa de Manufactura se continúa a la etapa de Uso. Como bien se sabe, los empaques mientras son usados no causan algún impacto por lo que ésta etapa queda sin modificaciones.

<a href="#">Manufacturing</a> <span style="margin-left: 20px;"><a href="#">Use</a></span> <span style="margin-left: 20px;"><a href="#">End of life</a></span> <span style="margin-left: 20px;"><a href="#">Transportation</a></span>							<a href="#">Use stage &gt;</a> <a href="#">Consumables, Water and Power Use &gt;</a>	
Name	Consumables/water/power	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS		
Consumables				0	0			<span>Add Consumables +</span>
No consumables have been added to this SBOM.								
Water use				0	0			<span>Add Water Use +</span>
No water use has been added to this SBOM.								
Power use				0	0			<span>Add Power Use +</span>
No power use has been added to this SBOM.								
<b>Use total</b>				<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>		

Figura 20. Detalle del Producto B en Uso.

En la siguiente figura se muestra el Fin del Ciclo de Vida de cada componente.

<a href="#">Manufacturing</a> <a href="#">Use</a> <b>End of life</b> <a href="#">Transportation</a>										
<a href="#">Learn more about:</a> <a href="#">System BOM &gt;</a> <a href="#">End of life stage &gt;</a>										
Name	End of life method	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID		
- <input type="checkbox"/> Bolsa exterior		1	2.9	g	6.41x10 <sup>-8</sup>	1.97x10 <sup>-4</sup>	M	1		
<input type="checkbox"/> Material	Polyvinylchloride, PVC		2.900000t	g			M			
<input type="checkbox"/> Process	Landfill, polyvinylchloride		2.900000t	g	6.41x10 <sup>-8</sup>	1.97x10 <sup>-4</sup>				
- <input type="checkbox"/> Caja		1	125	g	0.00293	0.119	M	2		
<input type="checkbox"/> Material	Paperboard 100% Recycled		125	g			M			
<input type="checkbox"/> Process	Landfill, paper		125	g	0.00293	0.119				
- <input type="checkbox"/> Empaque metalizado		2	4.1	g	2.06x10 <sup>-5</sup>	8.10x10 <sup>-4</sup>	M	3		
<input type="checkbox"/> Material	Polypropylene, PP		4.099999t	g			M			
<input type="checkbox"/> Process	Landfill, polypropylene		4.099999t	g	1.03x10 <sup>-5</sup>	4.05x10 <sup>-4</sup>				
- <input type="checkbox"/> Bolsa metalizada.		4	0.5	g	5.03x10 <sup>-8</sup>	1.97x10 <sup>-4</sup>	M	6		
<input type="checkbox"/> Material	Polypropylene, PP		0.5	g			M			
<input type="checkbox"/> Process	Landfill, polypropylene		0.5	g	1.26x10 <sup>-8</sup>	4.93x10 <sup>-5</sup>				
<input type="checkbox"/> Bolsa celofán.	Cellulose acetate	4	1	g			M	5		
<input type="checkbox"/> Contenedor de galleta	Polypropylene, 50% virgin	2	16.2	g			M	4		
No EOL method available										
<a href="#">Add End of Life method</a>										
<b>End of Life total</b>					<b>0.00296</b>	<b>0.120</b>	<b>M</b>			

Figura 21. Detalle del Producto B en Fin del Ciclo de Vida.

Por último, se añade al producto ensamblado la distancia que recorrió desde la fábrica donde se produce a su punto de venta, en este caso a Tienda UNAM (Haciendo la idealización de que no pasa el producto por un Centro de Distribución).

<a href="#">Manufacturing</a> <a href="#">Use</a> <a href="#">End of life</a> <b>Transportation</b>										
<a href="#">Learn more about:</a> <a href="#">System BOM &gt;</a> <a href="#">Transportation stage &gt;</a> <a href="#">Estimating distances &gt;</a>										
Name	Transportation mode	Qty	Amt	Unit	mPts	CO <sub>2</sub> eq. kg	MS	Part ID		
- Assembled product									<a href="#">Add trans. mode</a>	
<input type="checkbox"/> KW T370 HIBRIDO	Truck, 7.5-16t		33.1	km	1.12x10 <sup>-4</sup>	0.00180	M			
- Sub-assemblies and parts										
<input type="checkbox"/> Caja	Paperboard 100% Recycled	1	125	g			M	2	<a href="#">Add trans. mode</a>	
<input type="checkbox"/> Bolsa exterior	Polyvinylchloride, PVC	1	2.9	g			M	1	<a href="#">Add trans. mode</a>	
<input type="checkbox"/> Empaque metalizado	Polypropylene, PP	2	4.1	g			M	3	<a href="#">Add trans. mode</a>	
<input type="checkbox"/> Contenedor de galleta	Polypropylene, 50% virgin	2	16.2	g			M	4	<a href="#">Add trans. mode</a>	
<input type="checkbox"/> Bolsa celofán.	Cellulose acetate	4	1	g			M	5	<a href="#">Add trans. mode</a>	
<input type="checkbox"/> Bolsa metalizada.	Polypropylene, PP	4	0.5	g			M	6	<a href="#">Add trans. mode</a>	
<b>Transportation total</b>					<b>1.12x10<sup>-4</sup></b>	<b>0.00180</b>	<b>M</b>			

Figura 22. Detalle del Producto B en Transporte.

El procedimiento anterior se realizó para los cuatro empaques.

## CAPÍTULO 4. Resultados y análisis de resultados

Para visualizar y comprender mejor las diferencias entre los cuatro empaques anteriormente documentados, se muestra a continuación una tabla comparativa con aspectos relevantes de los productos.

Tabla 6. Análisis comparativo.

	Producto A	Producto B	Producto C	Producto D
N° galletas	74	58	60	43
N° componentes del empaque	4	14	6	4
Volumen Empaque	3,190 cm <sup>3</sup>	4,458 cm <sup>3</sup>	3,168 cm <sup>3</sup>	3,430 cm <sup>3</sup>
Masa Galletas	546 g	522 g	454 g	568 g
Masa Empaque	46.6 g	174.5 g	113.6 g	100 g
Razón	0.085	0.334	0.25	0.176
Procesos de manufactura	8	28	12	9
Transporte	33.1 km	33.1 km	64.4 km	52.8 km

### 4.1 Resultados obtenidos con Sustainable Minds.

En un análisis comparativo de los cuatro empaques que se muestra en la Tabla 7, se puede observar que el impacto más bajo es el que presenta el Producto A, Surtido Rico 546.

Tabla 7. Resultados comparativos Sustainable minds.

Functional unit: 1 year of use		Impacts / functional unit mPts/func unit	CO <sub>2</sub> eq. kg / functional unit CO <sub>2</sub> eq. kg/func unit	Performance improvement from reference mPts	Performance improvement from reference %	Units of svc delivered Svc. Units	Assessment type
Reference, Lowest impact  Surtido Rico 546 Gamesa. Copy   Delete Declare as:   Final		0.014	0.18			1	Measurement
 Surtido Rico 568 Juanita. Copy   Delete Declare as: Reference   Final		0.018	0.32	-0.0047	-35%	1	Measurement
 Surtido Rico 454 La Moderna. Copy   Delete Declare as: Reference   Final		0.019	0.36	-0.0049	-36%	1	Measurement
 Surtido Rico 522 Gamesa. Copy   Delete Declare as: Reference   Final		0.029	0.55	-0.015	-110%	1	Measurement

En la segunda columna se muestra el impacto en mili puntos por unidad funcional, mientras que la tercera columna muestra el impacto en la emisión de gases de efecto invernadero en CO<sub>2</sub> equivalente (Tabla 7).

El producto A, por ser el que presenta un menor impacto, se toma como referencia para la comparación entre los productos restantes. En la cuarta columna de la Tabla 7, se encuentra la diferencia de milipuntos entre el empaque tomado como referencia (Producto A) y el empaque respectivo al renglón. En la quinta columna se encuentra la misma diferencia anteriormente explicada, pero en porcentaje.

Se puede observar que el producto con el impacto más bajo, es el que no contiene una caja de cartón liso como empaque externo. Es decir, el empaque A, está compuesto por un contenedor de PP y una bolsa de propileno que protege a las galletas de la humedad, mientras que los empaques restantes, en general, cuentan con un contenedor de PP, una bolsa de polipropileno y una caja que contiene a los anteriores.

En la Figura 23 se presenta el impacto total por categoría del producto A y B.

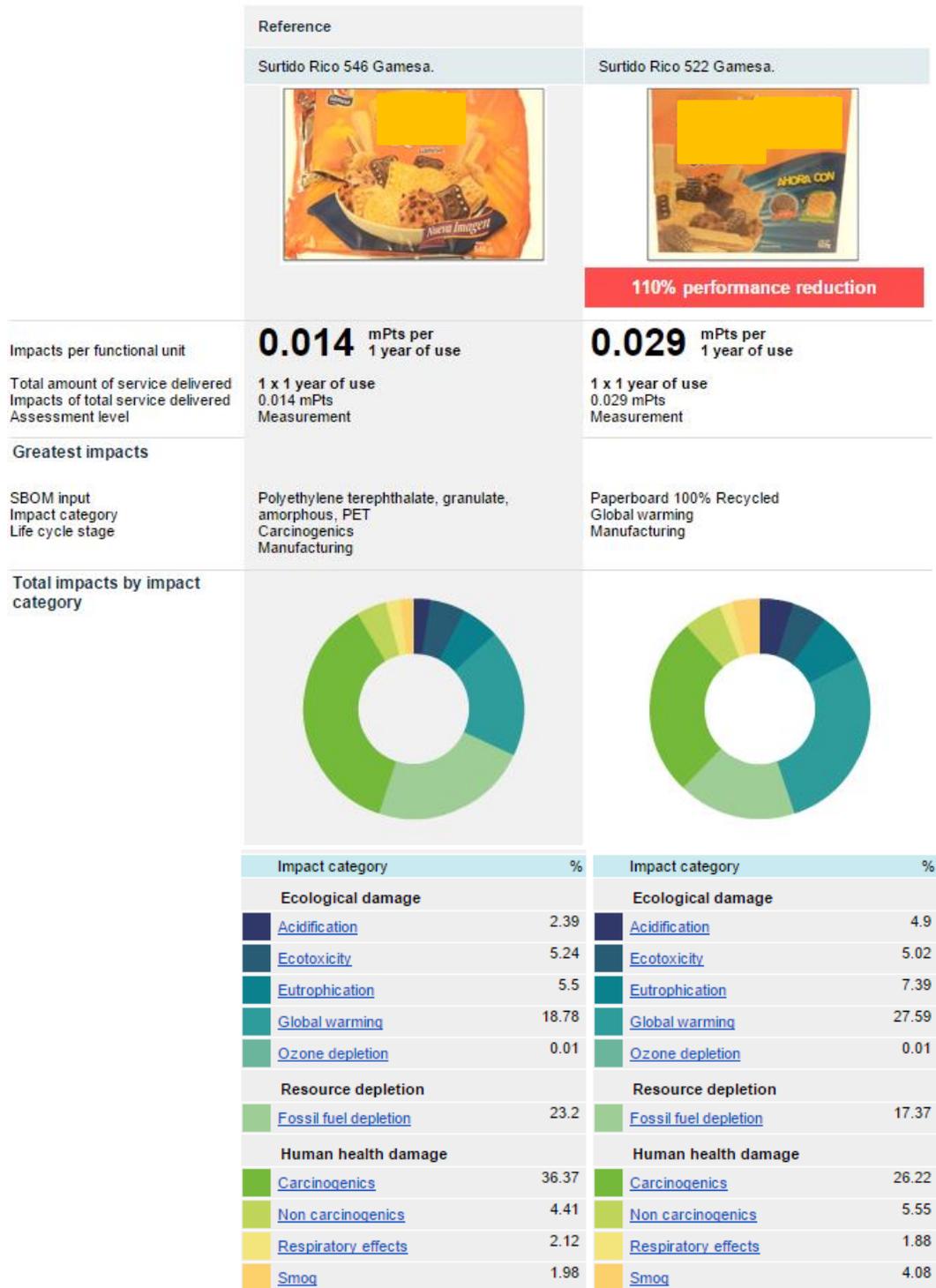


Figura 23. Impacto por categoría, producto A y B.

En la Figura 24 se presenta el impacto total por categoría del producto A y C.

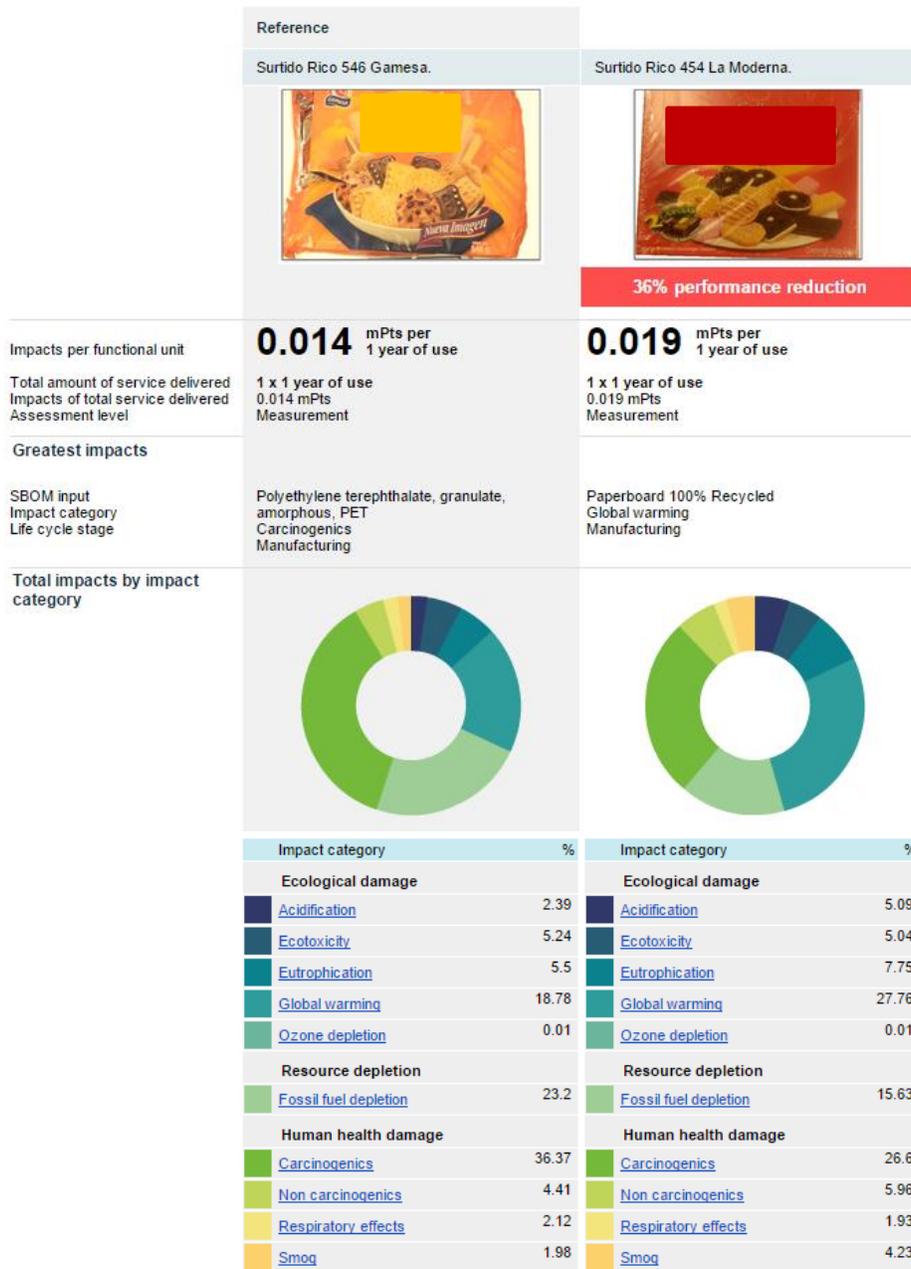


Figura 24. Impacto por categoría, producto A y C.

En la Figura 25 se presenta el impacto total por categoría del producto A y D.

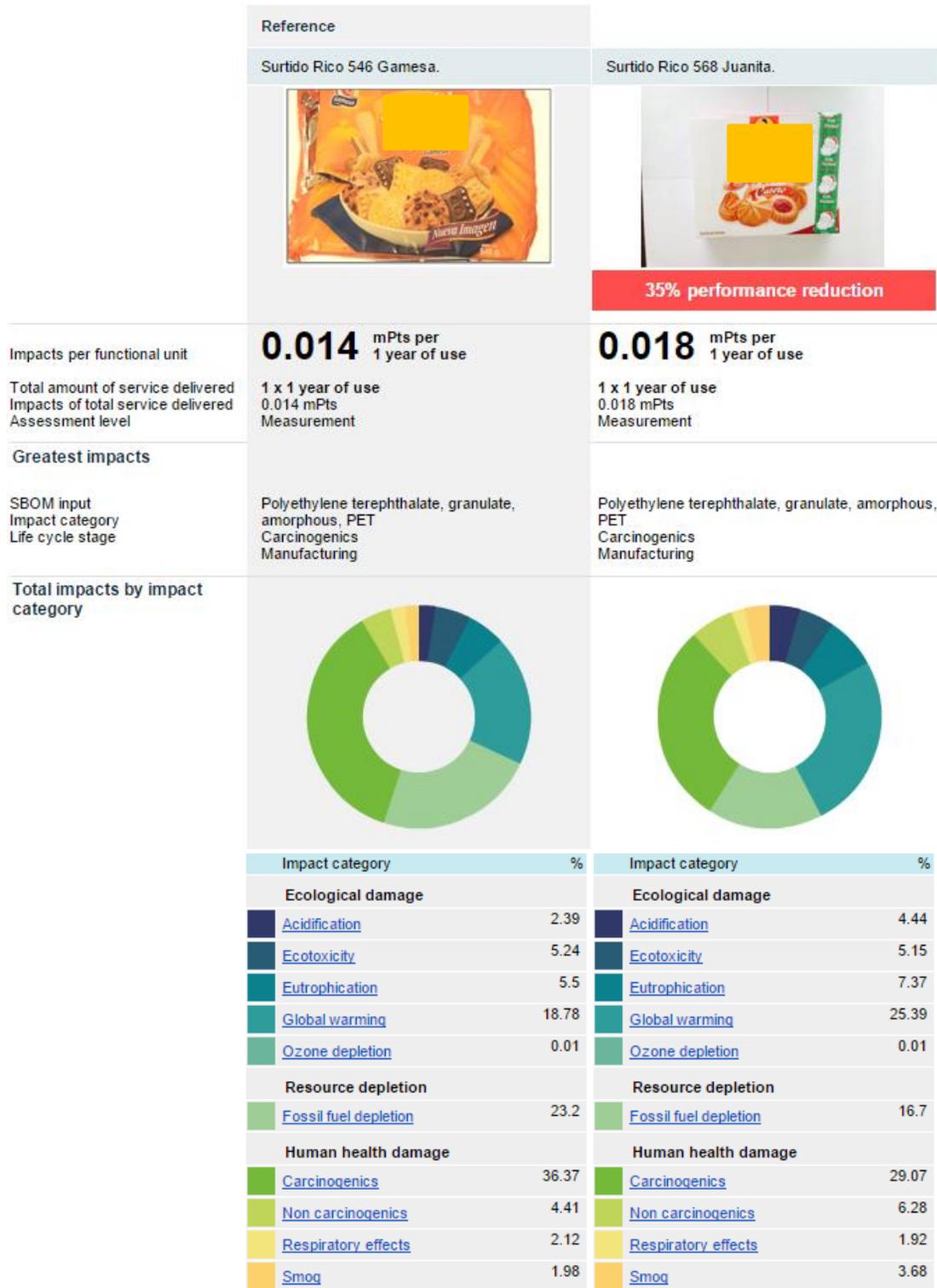


Figura 25. Impacto por categoría, producto A y D.

Se puede observar en las Figuras 23, 24 y 25 que, en los tres productos que utilizan caja de cartón en comparación con el empaque que utiliza la bolsa metalizada como empaque terciario, tienen un impacto mayor en el rubro de “Calentamiento Global”. Por el contrario, los productos que tienen caja de cartón liso tienen un menor impacto en el agotamiento de los combustibles fósiles, es fácil de entender este resultado debido a que los productos B, C Y D conllevan un menor volumen de materia prima en derivados del petróleo, por lo tanto, es lógico que en este ramo haya un mayor impacto en el producto A. De igual forma según las imágenes anteriores, al utilizar una bolsa metalizada como empaque externo (Producto A), aumentan los cancerígenos en comparación con los empaques que utilizan caja de cartón liso.

En la Figura 26 se presenta el impacto total por tipo de material y proceso, de los empaques A, B, C, D, de izquierda a derecha.

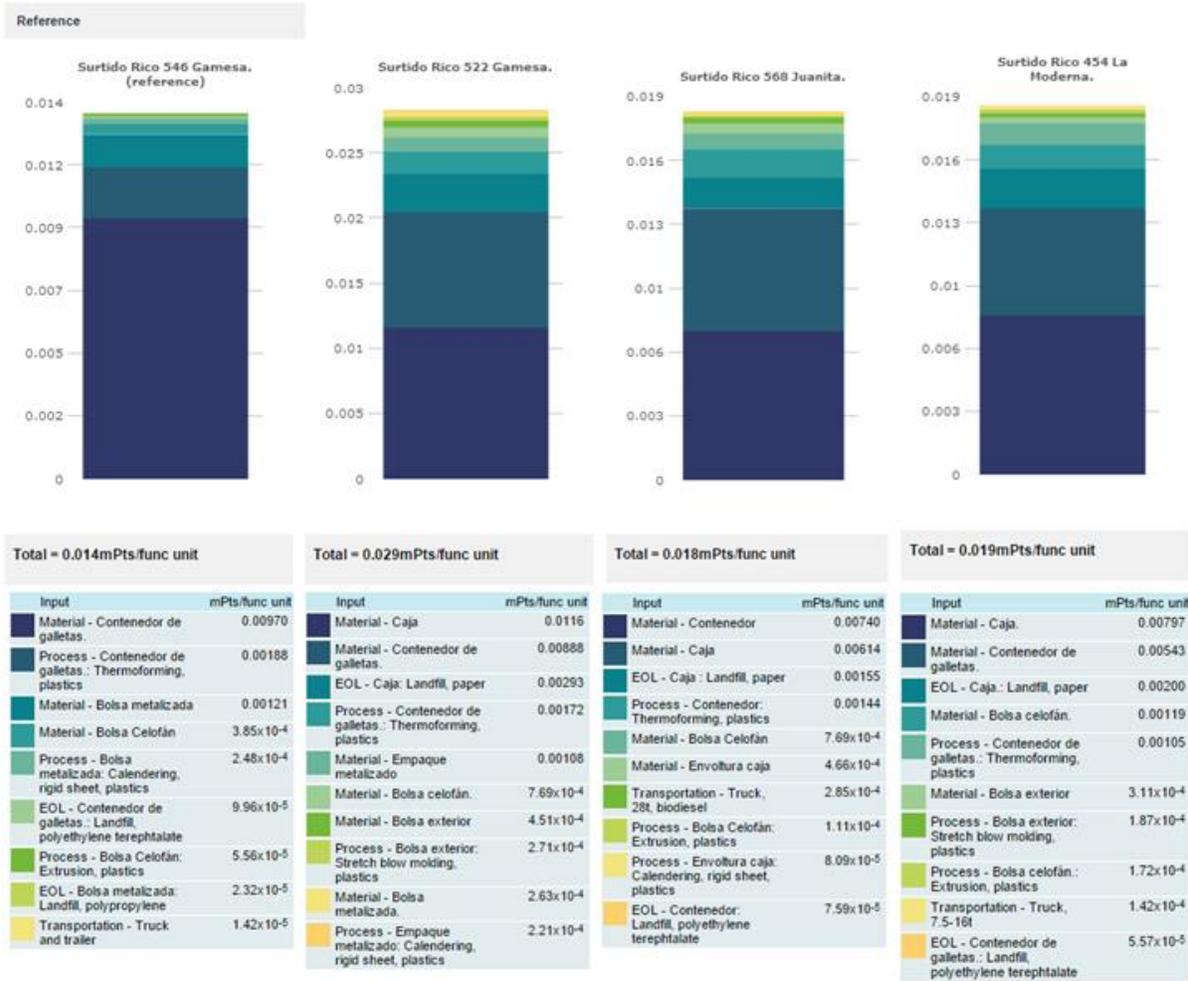


Figura 26. Impacto total por tipo de material y proceso.

Observando la Figura 27, en el Producto A, se puede demostrar que el contenedor de galletas de PP (material más proceso) representa más del 80% del impacto total del producto, y que solamente el material, representa alrededor del 70% del impacto total. Es decir, que al modificar sólo el tipo de material se podría reducir o aumentar significativamente el impacto total del producto.

En los productos restantes, B, C y D, se puede observar que el material, tanto de la caja como del contenedor, cartón liso y PP respectivamente, ocupan los dos primeros lugares del impacto total del producto. También cabe recalcar que, en éstos mismos productos, el destino final de la caja de cartón liso (relleno sanitario) ocupa el tercer lugar del impacto total. De igual manera, cómo se muestra en las figuras siguientes, los tres términos anteriores representan alrededor del ochenta por ciento del impacto total.

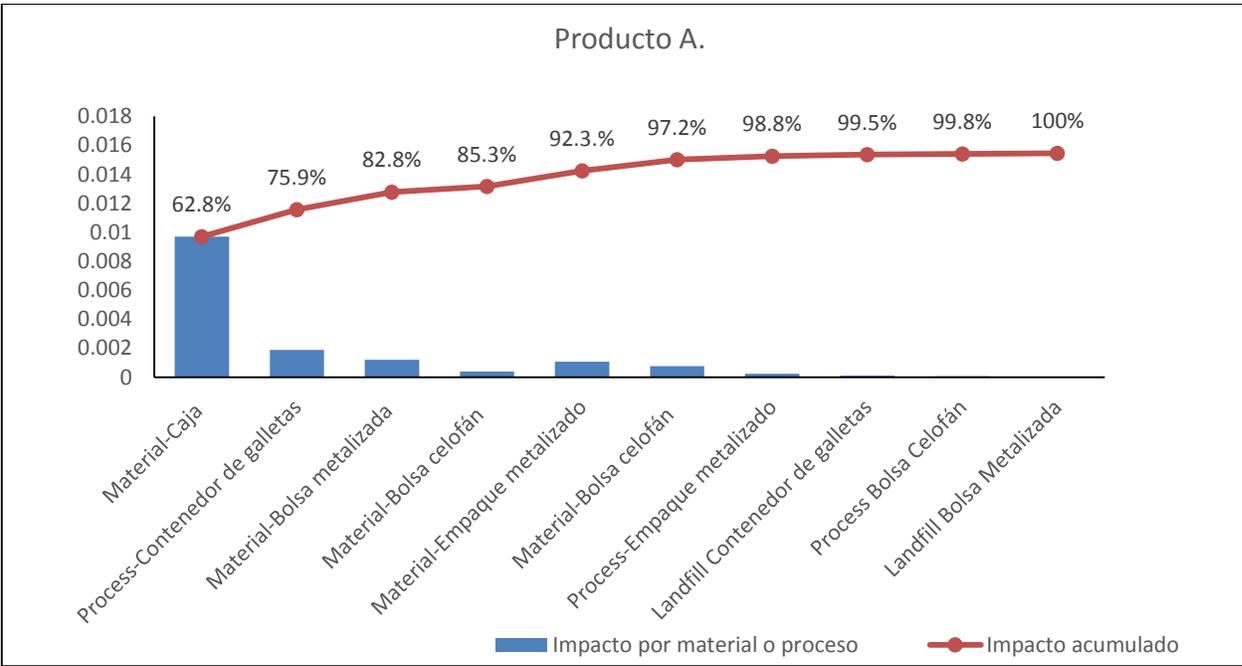


Figura 27. Diagrama de Pareto del impacto del Producto B.

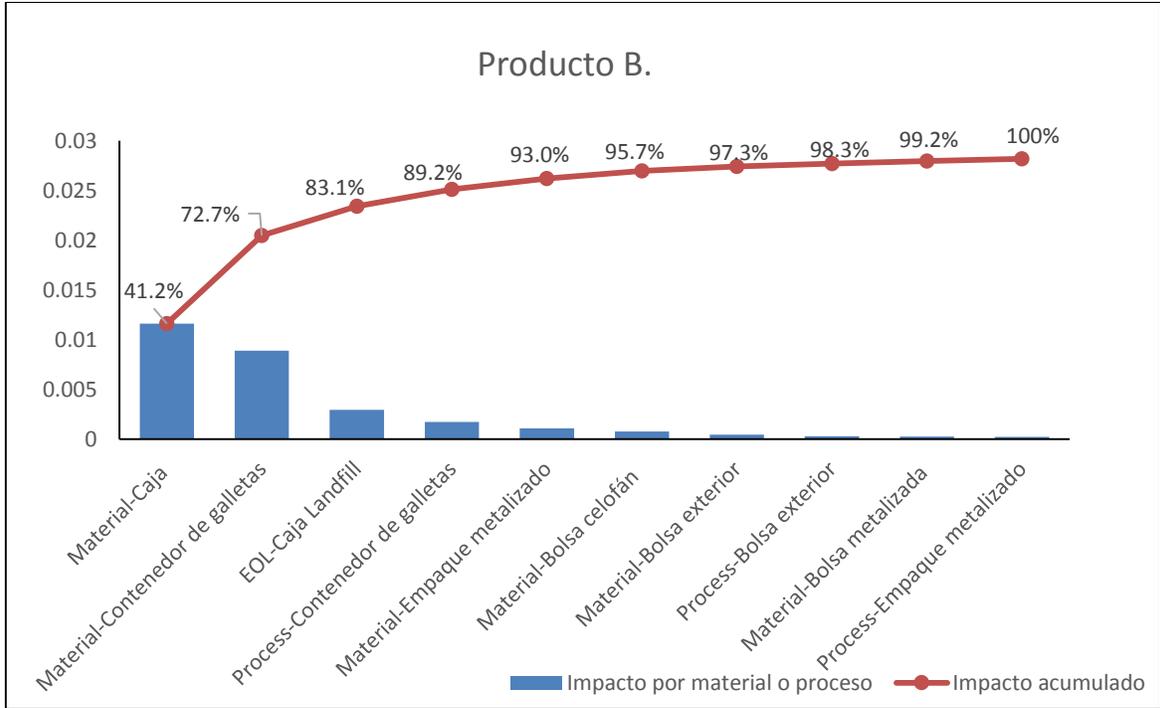


Figura 28. Diagrama de Pareto del impacto del Producto B.

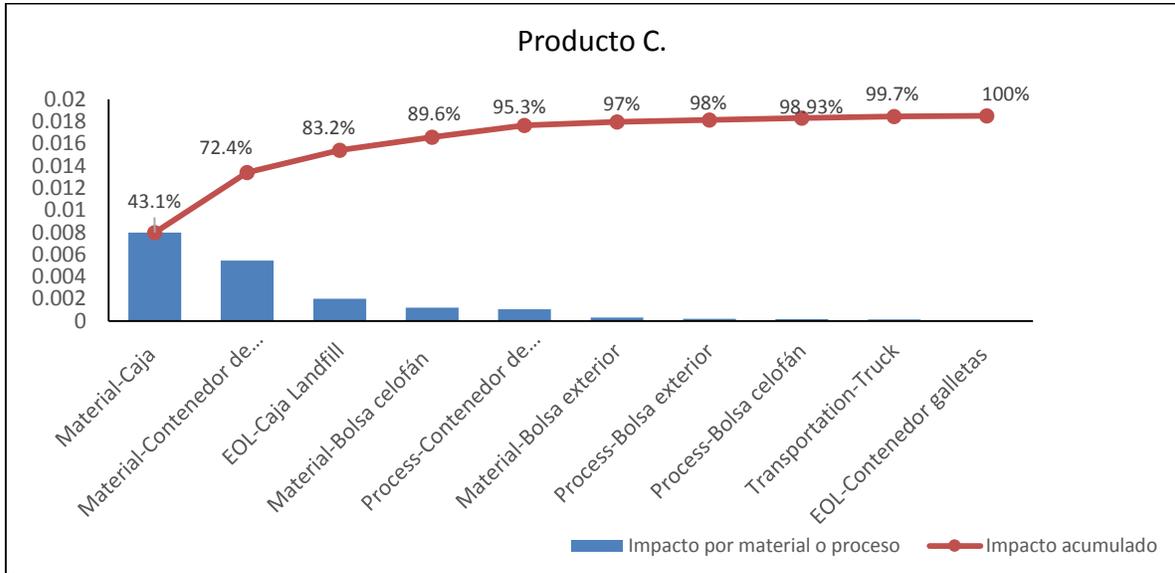


Figura 29. Diagrama de Pareto del impacto del Producto C.

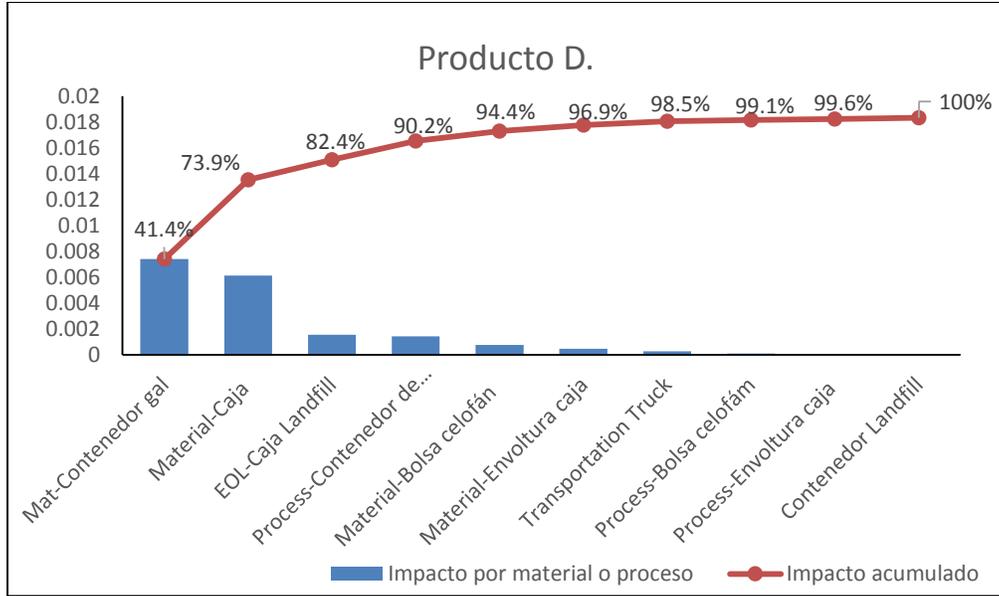


Figura 30. Diagrama de Pareto del impacto del Producto D.

En la Figura 31 se presenta huella de carbono [CO<sub>2</sub> equiv.] por tipo de material y proceso, de los empaques A, B, C, D, de izquierda a derecha.

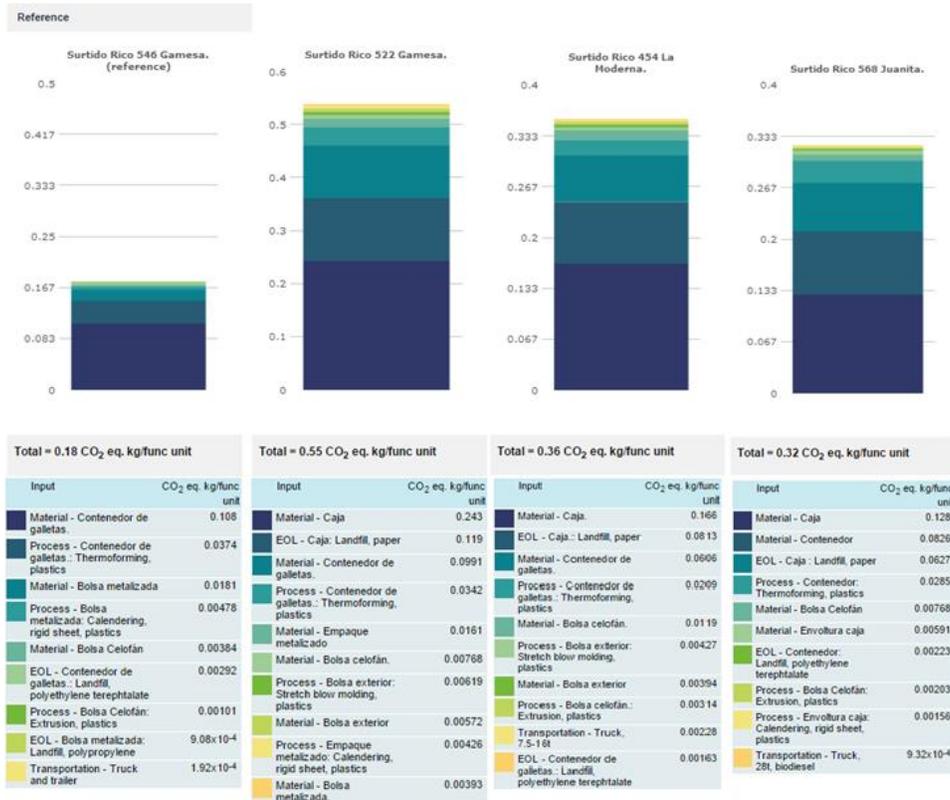


Figura 31. Huella de Carbono por tipo de material y proceso.

## CAPÍTULO 5. Enverdeciendo la cadena de suministro.

Para enverdecer la cadena de suministro del empaque, nos enfocaremos en cuatro grandes aspectos a tomar en cuenta para su gestión: eco-diseño, compras verdes, operaciones verdes y enverdecimiento de los procesos de distribución (Srivastava, 2007). En la siguiente tabla se muestran las propuestas de mejora a seguir para enverdecer la cadena de suministro del empaque de galletas. Posteriormente, se describen a detalle cada uno de los puntos.



## **Eco-diseño.**

La aplicación del eco diseño es esencial para las cadenas de suministro que han reconocido la responsabilidad del medio ambiente en la elaboración de productos, promueve la innovación de productos, la mejora de la calidad del producto, el cumplimiento legal, mejora de la imagen, el costo y la reducción de riesgos, las nuevas oportunidades de negocio, desarrollo de nuevos mercados, etc, Debido a lo anterior, el diseño es una parte importante para el enverdecimiento de la cadena de suministro, en ésta fase se puede lograr reducir el impacto de cualquier producto, ya que la forma, el volumen y el peso son factores determinantes que dirigen y guían el camino a seguir de la cadena de suministro.

- Una decisión a analizar es: ¿cuál es el empaque externo que más conviene utilizar, cartón liso o bolsa metalizada? Si bien, el producto que conlleva un menor impacto es el que posee como empaque externo una bolsa de polipropileno, mejor conocida como bolsa metalizada, necesitamos saber si ésta es la opción óptima para reducir el impacto del empaque, sin olvidarnos que este producto también posee un contenedor de PP. Como se vio en el capítulo anterior, en los productos B, C y D que contienen cajas de cartón, éstas representan alrededor del 45% del impacto total del producto, por lo se propone, un empaque que no utilice una caja de cartón como empaque externo.
- Se sugiere una optimización al uso del tamaño del empaque, de tal manera que el espacio que ocupa el producto sea menor al actual; de esta manera se obtendrían ahorros considerables en la mayor parte de la Cadena de Suministro. Por ejemplo, se reduciría el volumen del material de empaque (al reducir el volumen se reduciría el costo asociado), se reducirían los consumos energéticos para su fabricación (agua y energía), cabrían más productos en una tarima y, por ende, se optimizarían los procesos de distribución logísticos; al finalizar la vida útil del producto se iría al relleno sanitario un menor volumen de residuos. Es posible reducir el tamaño del empaque, en las siguiente imagen se muestran los espacios huecos que se podrían eliminar, haciendo que el volumen del empaque disminuya.



- Para reducir el impacto de las cajas de cartón liso, es indispensable que las cajas lleven la menor cantidad de pintura que pueda ser necesaria. Como se puede observar, la mayoría de los empaques anteriormente descritos tienen colores llamativos, por lo cual las cajas están impresas en su totalidad. De igual forma, el contenedor de galletas, que es el común denominador de los cuatro productos, está tintado. Se debe de considerar que para facilitar el reciclado cualquiera de los empaques es conveniente que éstos tengan la menor cantidad de tintas, reduciendo así la energía involucrada en el proceso de impresión y reciclado. De igual forma la huella hídrica se reduciría al momento de la impresión. Se puede deducir que el diseño de impresión de las cajas de cartón está asociado a estrategias de marketing, si bien como se ha mencionado en los antecedentes del presente trabajo, la sostenibilidad en productos de consumo alimenticio cada vez está tomando mayor relevancia en los consumidores brindándole al producto puntos a su favor cuando un cliente está indeciso en algún producto. Además de que muchas de estas marcas ya son reconocidas y no necesitan demasiados colores en sus empaques.

### **Compras verdes.**

La profundidad y la calidad de la relación entre una empresa y sus proveedores es ampliamente reconocida como un facilitador crítico de GSCM. La cooperación y el aprendizaje entre organizaciones mejora el rendimiento sostenible. Se busca mejorar las relaciones para que se optimicen los procesos de compras verdes con actividades como la reducción de residuos en colaboración, la adopción de tecnologías ambientales, reducción de materiales tóxicos y el desarrollo conjunto de materiales reciclables o reutilizables.

Es sumamente importante poner en marcha los incentivos adecuados, facilitar actividades conjuntas y el intercambio de conocimientos con el fin de superar las

barreras en las compras verdes. Las empresas que deseen integrar con éxito las cuestiones ambientales a sus temas estratégicos, deben ser capaces de encontrar proveedores que han minimizado su impacto ambiental sin reducir la calidad de su producto o elevar los costos de manera significativa.

A continuación se presentan las mejoras propuestas para el caso analizado:

- Como se muestra en la Figura 31, la materia prima del contenedor de galletas (PP), ocupa, al menos, el segundo lugar entre los factores que mayor impactan al ambiente. Por lo que, al utilizar un polímero amigable con el ambiente se reduciría significativamente el impacto de los cuatro casos de estudio. Ante la problemática actual de los altos costos del petróleo, se están desarrollando polímeros que no sean derivados del petróleo o que busquen minimizar el impacto ambiental, uno de los que presenta mayor potencial para ser utilizado en la industria del empaque y envasado es el PLA (Ácido poliláctico). El PLA es un biopolímero altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables, como son la maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón. Tiene muchas aplicaciones, incluyéndose en la industria textil, en la industria médica y sobretodo en la del empaquetado, sin embargo existen otros biopolímeros que pueden ser utilizados si cumplen la regulación que se impone a la industria alimenticia para su área de empaque.
- Se propone seleccionar en primera instancia proveedores locales que cuenten con certificaciones y/o con prácticas sustentables en manejo eficiente de energía, agua y desechos.
- Las empresas tienen que formar un vínculo con sus proveedores y motivarlos a suministrar materias primas ecológicas y no peligrosas, por ejemplo, mediante la formación y educación para adoptar la norma ISO 14001. Las empresas que crean presión sobre sus proveedores y revisan periódicamente sus progresos adoptan prácticas verdes con éxito.

### **Operaciones verdes.**

- Implementación de programas de mejoramiento continuo, como Just In Time, Lean Manufacturing, Total Quality Management. Estas metodologías convergen en su objetivo principal, todas buscan la reducción de desechos, la optimización de recursos, la eliminación de reprocesos, la disminución de costos. Los programas de mejoramiento continuo anteriormente mencionados y el enverdecimiento de la cadena de suministro, traen consigo cambios en toda la cadena y crean el entorno propicio para el desarrollo sustentable dentro de una organización.

- Mejores prácticas operativas: Eficiencia energética en las operaciones de empaque, optimización del uso de agua en la impresión, disminución al mínimo el número de operaciones, buscar que la disrupción social sea la menor al momento de automatizar las operaciones.
- Buscar sostenibilidad, muchas de las metodologías actuales para el manejo de las operaciones dejan de lado el tema social y el tema ambiental fijándose como meta la dimensión económica. Se requiere conjuntar una serie de mejores prácticas que busquen el interés común y que a su vez redunden en ganancias económicas hacia la empresa.

### **Enverdecimiento de los procesos de distribución.**

Una de las maneras más fáciles de incorporar criterios ambientales en los modelos económicos y en las cadenas de suministro es calcular las emisiones de gases de efecto invernadero y de partículas debido al transporte. Existen algunos software que ayudan a optimizar el proceso de transporte, estos modelos integran la selección de modos de transporte en las decisiones de diseño de redes estratégicas. Los modos de transporte en general, compiten en el precio, el impacto ambiental y la capacidad. La elección entre modos de transporte también puede ser determinada por las condiciones de carga / descarga, la frecuencia, mínimo tamaño de lote, etc.

Se presentan a continuación algunos puntos que ayudan a enverdecer los procesos de distribución:

- Optimizar las rutas evitando paradas intermedias, ahorrando combustible y tiempo.
- Eficientar procesos internos para reducir las esperas en destinos.
- Incrementar la capacidad de carga de los embarques.
- Utilizar vehículos de carga más económicos y menos contaminantes, para usar menos combustible por unidad transportada. Una opción son los vehículos híbridos y/o eléctricos.

## CAPÍTULO 6. Conclusiones

---

### 6.1 Conclusiones particulares

En el capítulo anterior se propusieron mejoras para el enverdecimiento de la cadena de suministro del empaque de galletas; con éstas mejoras se reduciría el impacto que conlleva el empaque en éste tipo de productos, como son: materia prima, volumen, daño en la salud, emisiones de carbono, uso de energía e impacto al ambiente. De igual forma, con base en los resultados obtenidos anteriormente, se obtuvo una evaluación adecuada a los alcances de la presente tesis; por lo que se cumple con el objetivo propuesto al inicio de la misma.

En los empaques actuales de galletas surtidas que se comercializan en México, es normal que al abrir una caja, esta misma sirva como recipiente mientras es consumida; sin embargo, una vez que se desean guardar las galletas restantes, para que éstas se conserven, no es suficiente la caja de cartón, el contenedor de plástico o la bolsa de celofán, ya que éstas perderán sus propiedades organolépticas. Deben protegerse con una bolsa plástica nuevamente.

¿Por qué las galletas utilizan varios empaques si en el momento en que se abre el producto, el empaque pierde su funcionalidad? ¿Se han dado cuenta todo el empaque que conlleva éste producto, que además termina en la basura directamente? Se debe considerar que además el empaque no es solo un recipiente que mantiene protegido o fresco al producto, sino un transmisor de información hacia el consumidor final. En los empaques actuales se puede observar cómo están llenos en su totalidad de imágenes, buscando el acercamiento con el cliente. El mercado está empezando a tomar conciencia sobre el calentamiento global por lo que busca productos que sean amigables con el medio ambiente, tomando en cuenta que el precio y la calidad del producto se mantengan.

Al realizarse la evaluación y el análisis de sustentabilidad por la herramienta Sustainable Minds, se puede observar que los resultados sobre el impacto ambiental de los diferentes empaques brindan un acercamiento cuantificado sobre los impactos que se generan al producir y comercializar con los empaques utilizados, con las limitaciones que el análisis conlleva.

Las principales limitantes a la metodología utilizada en el presente trabajo son las siguientes.

- Por diversas razones, la aplicación de una metodología como ACV no siempre es posible. La conciencia de los problemas ambientales en las empresas generalmente es gradual, por lo que la evaluación es sólo un subconjunto de los factores ambientales, por lo que puede ser visto como un paso intermedio hacia la plena integración. Por ejemplo, para realizar la

simulación en Sustainable minds es necesario realizar algunas idealizaciones debido a que la obtención de datos (de dónde proviene la materia prima, el kilometraje recorrido en su proceso de distribución, etc) el modelado y la trazabilidad es compleja.

- La caracterización del material utilizado en las piezas. Para obtener el tipo de polímero que se estaba analizando se realizaron algunas pruebas físicas y químicas que ayudaron a la obtención del material que se simuló. Sin embargo, se puede obtener el nombre del material que fue utilizado en la manufactura de la pieza pero no se cuenta con las propiedades del mismo. Existen muchos materiales en el mundo y cada uno posee propiedades distintas, en el caso de los polímeros que se utilizaron para su evaluación ambiental, existen variantes en la composición química de cada material, por lo tanto es imposible contar con una base de datos que pueda revelar la información necesaria y exacta para una buena evaluación de sustentabilidad.
- El trabajo realizado se centró en factores económicos y ambientales. Por el contrario, los aspectos sociales de una cadena de suministro sostenible son raramente abordados. Como trabajo a futuro se propone la evaluación considerando a los tres factores juntos (social, ambiental y económico). Un factor determinante es la falta de investigación publicada frente a los factores sociales junto con otras dimensiones, parece ser debido a la dificultad de modelar tales factores. Regularmente, son considerados indirectamente dentro de la evaluación de los factores económicos y ambientales.
- Los indicadores de Green Supply Chain Management están limitados a las emisiones de GEI, al consumo de energía, entre otros. Un estudio del ahorro en costos al aplicar las mejores prácticas del enverdecimiento, se convierte de manera natural en trabajo a futuro.
- Una limitante sobresaliente de la simulación en el software utilizado, es que se excluye del análisis el paso del producto por el CEDIS, debido a que la herramienta no incluye este eslabón en para medir el impacto que conlleva.

## 6.2 Conclusiones generales

La Gestión de la Cadena de Suministro se ha convertido en una cuestión estratégica para cualquier compañía que busca cumplir con los objetivos en términos de competitividad económica, tiempo y calidad del servicio, especialmente en un entorno económico caracterizado por la globalización del comercio y la aceleración de los ciclos industriales. La SCM (por sus siglas en inglés: *Supply Chain Management*, se encuentra en la intersección de disciplinas como la gestión,

estrategia, logística, investigación de operaciones, manufactura, y, por ende, es un reto importante consolidar y sintetizar la investigación en este campo.

Hoy en día es imprescindible que las cadenas de suministro se tornen más eficientes y más amigables con el ambiente. Para esto, hay que enverdecer las cadenas con el propósito de cuidar el ambiente y al mismo tiempo disminuir costos, acción que redundará en lo redituable de las empresas de toda índole. Green Supply Chain Management es un enfoque de la cadena de suministro, que no solo apunta a la satisfacción de las necesidades de los clientes y uso adecuado de los recursos, sino que también incluye un pensamiento ambiental relacionado con la sostenibilidad.

Un rendimiento de la cadena de suministro más sostenible se indica con la capacidad de una empresa para reducir el uso de materiales, energía o agua y para encontrar soluciones que sean más ecoeficientes mediante la mejora de la gestión de sus cadenas de suministro. Por lo tanto, GSCM es un enfoque integral, es decir, si una empresa tiene como objetivo mejorar el desempeño ambiental, puede crear procedimientos y programas basados en el sistema de gestión ambiental y la adopción de iniciativas de producción más limpia. Si una empresa tiene la intención de mejorar su rendimiento operativo, puede responder a las auditorías, mejorar el intercambio de información entre empresas y clientes y construir la investigación y desarrollo o áreas para promover la innovación ambiental. Sin embargo, la falta de una clara relación entre la adopción de GSCM y un mejor desempeño ambiental, económico u operativo se ha convertido en una barrera para las empresas manufactureras que buscan justificar la implementación de GSCM.

Un desafío clave para las cadenas de suministro sostenibles es evolucionar su sistema de gestión ambiental. Esta modificación en los procesos internos no es fácil de lograr, ya que hay muchos factores determinantes en el juego.

A continuación se enlistan los puntos principales que apoyan el proceso de adopción de prácticas de GSCM, es decir, al enverdecimiento de la cadena de suministro:

- La introducción de productos ecológicos es un proceso interno importante que desencadena y genera cambios en la gestión de la cadena de suministro verde.
- Acciones en colaboración con proveedores o la reorientación de las relaciones con los mismos ocasionan una mayor participación en la GSCM.
- La formación de equipos verdes o la creación de un área funcional específica que apoya la discusión de la gestión ambiental en la empresa y más allá puede contribuir a facilitar la estructura interna para la adopción GSCM.

Las cadenas de suministro aprenden y evolucionan a ritmos diferentes, dependiendo de su trayectoria y del ritmo a la que marchan, un factor decisivo es el aprendizaje y acoplamiento a nivel cadena de suministro.

Los miembros de la cadena de suministro aprenden gradualmente cómo ser más integrados, cómo colaborar, cómo sus colaboradores se comportan en ciertas circunstancias y la forma de gestionar las relaciones entre proveedores. De igual forma, también aprenden cuáles son sus funciones y responsabilidades dentro del enverdecimiento de la cadena de suministro y lo que los socios esperan de ellos. Por lo tanto, el ritmo en que se adopten prácticas sostenibles en las empresas, dependerá de la velocidad de aprender nuevas capacidades que les permitan desarrollar conjuntamente innovaciones tecnológicas, innovaciones en sus modelos organizativos y de negocio, que los muevan hacia una mayor integración, colaboración y desempeño de la sostenibilidad.

## REFERENCIAS

---

- Srivastava, Samir, “*Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review*”, International Journal of Management Reviews, 2007.
- Sarkis, Zhu y Lai, “*An organizational theoretic review of green supply chain management literature*”, International Journal of Production Economics, 2011.
- Walker, Di Sisto, Mcbain, “*Drivers and barriers to environmental supply chain management practices: Lessons from the public and private sectors*”, Journal of purchasing and supply management, 2008.
- Kerry, Joe, “New., “ *New Packaging Technologies, Materials and Formats for Fast-Moving Consumer Products*”, Food Packaging Group, School of Food and Nutritional Sciences, University College Cork, Ireland, 2014.
- Han, Jung,. “*A Review of Food Packaging Technologies and Innovations*”, PepsiCo Inc., Plano, TX, USA, 2014.
- Byun, Youngjae., “*Bioplastics for Food Packaging: Chemistry and Physics*”, Next Green Business, Inc., Suwanee, Georgia, USA, 2014.
- Teck, Young,. “*General characteristics of packaging materials for food system*”, Food Packing Consultation, Blacksburg, VA, USA, 2014.
- Chambouleyron, M. “*Diseño de productos y desarrollo sustentable, estrategias de revalorización de productos manufacturados para su introducción en un nuevo ciclo de vida*”, INCIHUSA, 2010.
- Pigosso, D., “*Ecodesign maturity model: a management framework to support ecodesign implementation into manufacturing companies*”, Journal of Cleaner Production, Elsevier, Noviembre 2013.
- Zhang, C., “*Research on pricing and coordination strategy of green supply chain under hybrid production mode*”, Elsevier, Computers & industrial Engineering, Junio 2014.
- Narayan, Dr. Ramani. “*Bioplásticos*”, Revista ISO Focus, Universidad Estatal de Michigan, Edición junio 2012.
- Guevara, Julio, Tesis: “*Sistema de producción de un empaque sustentable*”, UNAM, México D.F., 2012.
- Rosales, Lizet., Tesis: “*Impacto económico y ecológico de la degradación de botellas de plástico*”, IPN, México D.F., 2011.
- INEGI, “*Manual del Módulo Ambiental de Residuos Sólidos Urbanos*”, 2011.
- Página oficial: Foro Sustentabilidad, “*Juntos por un planeta mejor*”, Agosto 2014. <http://www.porunplanetamejor.com/>
- Página oficial Sustainableminds, Agosto 2014.

<http://www.sustainableminds.com/>

- Revista online de envase, empaque y embalaje para américa latina:  
<http://www.envapack.com/>
- Salas, Francisco. “Empaque y embalaje para productos perecederos”, PROMPEX (Promoción Exportaciones Perú), 2008,

## ANEXOS

---

### ANEXO I. Fichas técnicas

#### I.I Producto A, Galletas Surtidas 546.

Ficha técnica: Bolsa metalizada.	
Nº parte:	1
Número de piezas:	1
Material:	Polipropileno Biorientado.
Peso:	9.2 g.
Procesos de manufactura:	1. Impresión. 2. Sellado. 3. Corte.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.

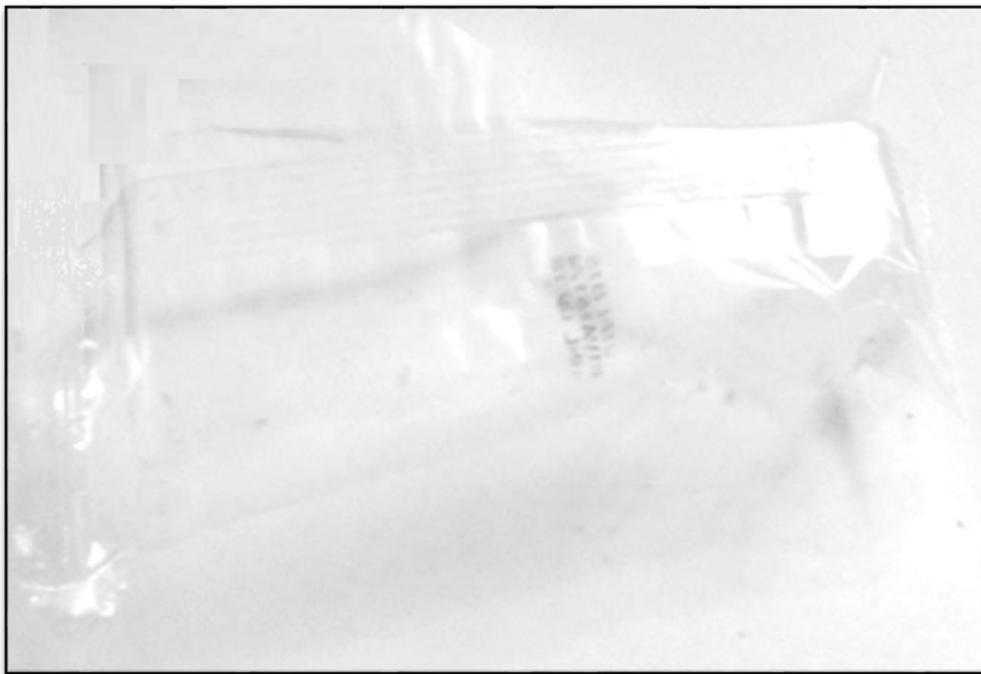


### Ficha técnica: Contenedor de galletas.

N° parte:	2
Número de piezas:	1
Material:	Polipropileno
Peso:	35.4 g.
Procesos de manufactura:	Termoformado.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Reciclado.



<b>Ficha técnica: Bolsa Celofán.</b>	
Nº parte:	3
Número de piezas:	2
Material:	Celofán.
Peso:	1 g.
Procesos de manufactura:	1. Impresión. 2. Sellado. 3. Corte.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



## I.II Producto B, Galletas Surtidas 522.

<b>Ficha técnica: Bolsa exterior.</b>	
Nº parte:	1
Número de piezas:	1
Material:	PVC
Peso:	2.9 grs.
Procesos de manufactura:	1. Sellado. 2. Corte.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



### Ficha técnica: Caja.

Nº parte:	2
Número de piezas:	1
Material:	Cartón.
Peso:	125 g.
Procesos de manufactura:	1. Dimensiones y rayado de la caja. 2. Impresión. 3. Corte. 4. Ensamble
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.

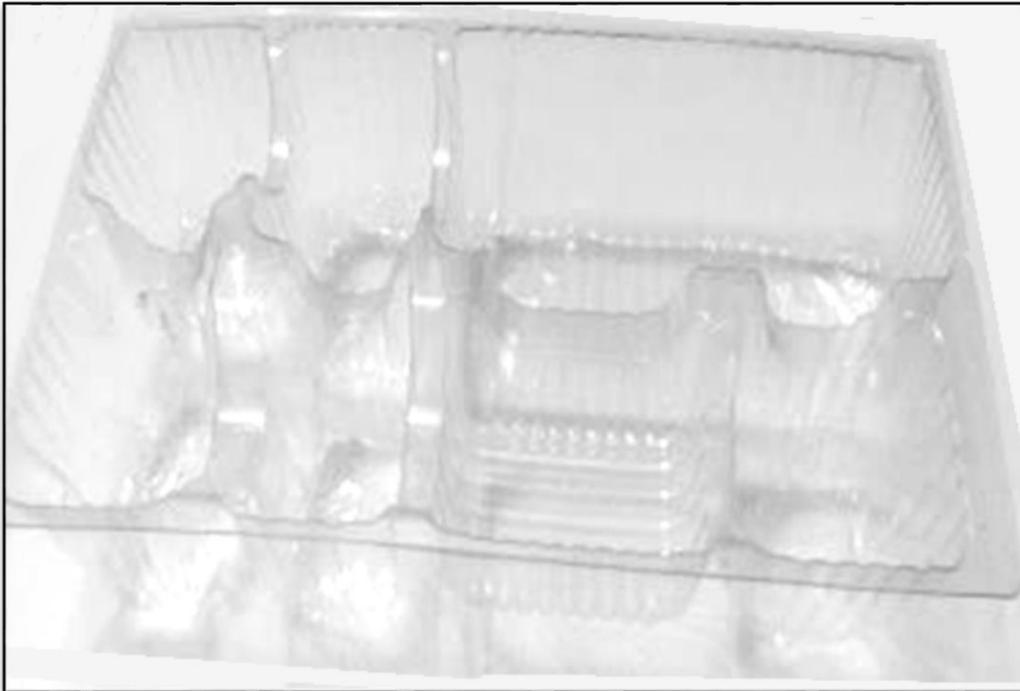


<b>Ficha técnica: Empaque metalizado.</b>	
Nº parte:	3
Número de piezas:	2
Material:	Polipropileno.
Peso:	4.1 g.
Procesos de manufactura:	1.Sellado 2.Corte
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



### Ficha técnica: Contenedor de galletas.

Nº parte:	4
Número de piezas:	2
Material:	Polipropileno
Peso:	16.2
Procesos de manufactura:	1. Termoformado
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



<b>Ficha técnica: Bolsa celofán.</b>	
Nº parte:	5
Número de piezas:	4
Material:	Celofán.
Peso:	1 g.
Procesos de manufactura:	1. Sellado. 2. Corte.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.

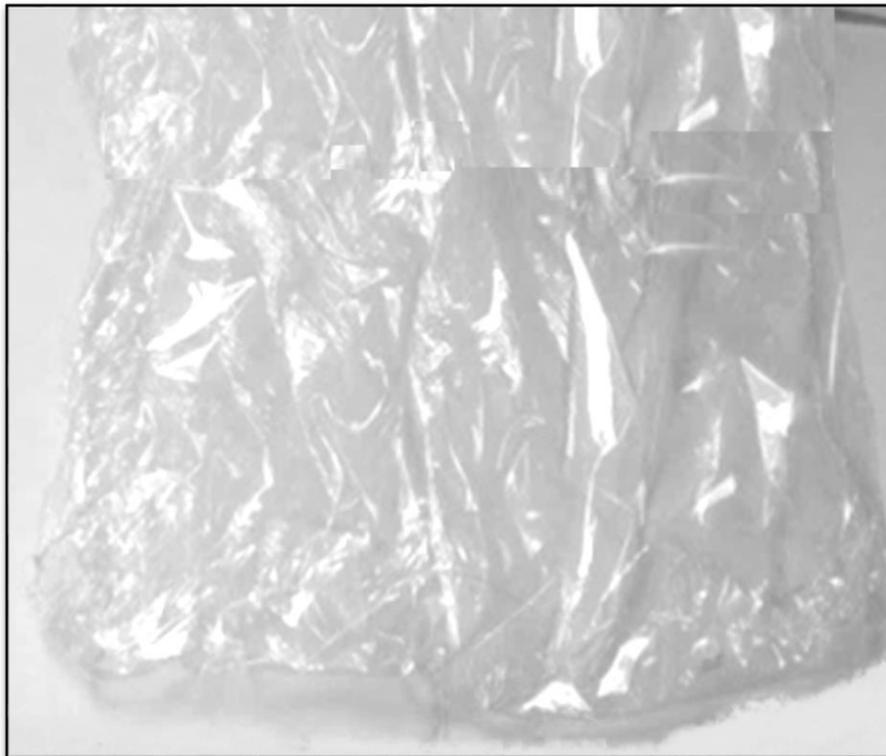


<b>Ficha técnica: Bolsa metalizada.</b>	
Nº parte:	6
Número de piezas:	4.
Material:	Polipropileno Biorientado.
Peso:	0.5 g.
Procesos de manufactura:	1. Sellado. 2. Corte.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



### I.III Producto C, Galletas Surtidas 546.

<b>Ficha técnica: Bolsa exterior.</b>	
N° parte:	1
Número de piezas:	1
Material:	PVC.
Peso:	2 g.
Procesos de manufactura:	1. Sellado. 2. Corte.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



Ficha técnica: Caja.	
Nº parte:	2
Número de piezas:	1
Material:	Cartón.
Peso:	85.6 g.
Procesos de manufactura:	1. Dimensiones y rayado de la caja. 2. Impresión. 3. Corte. 4. Ensamble
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



### Ficha técnica:Contenedor.

N° parte:	3
Número de piezas:	2
Material:	Polipropileno
Peso:	9.9 g.
Procesos de manufactura:	1. Termoconformado.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



<b>Ficha técnica: Bolsa celofán.</b>	
Nº parte:	4
Número de piezas:	2
Material:	Celofán.
Peso:	3.1 g.
Procesos de manufactura:	1. Sellado. 2. Corte.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



#### I.IV Producto D. Galletas Surtidas 568.

<b>Ficha técnica: Bolsa exterior.</b>	
Nº parte:	1
Número de piezas:	1
Material:	PVC.
Peso:	3 g.
Procesos de manufactura:	1. Sellado. 2. Corte.
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



Ficha técnica: Caja.	
N° parte:	2
Número de piezas:	1
Material:	Cartón liso.
Peso:	66 g.
Procesos de manufactura:	1. Dimensiones y rayado de la caja. 2. Impresión. 3. Corte. 4. Ensamble
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



### Ficha técnica: Contenedor.

Nº parte:	3
Número de piezas:	1
Material:	Polipropileno
Peso:	27 g.
Procesos de manufactura:	1. Termoconformado
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



### Ficha técnica: Bolsa de celofán.

Nº parte:	4
Número de piezas:	1
Material:	Celofán.
Peso:	4 g.
Procesos de manufactura:	1. Sellado. 2. Corte
Fin de ciclo de vida ideal:	Reciclado.
Fin de ciclo de vida real:	Relleno Sanitario.



## ANEXO II. Análisis para la identificación de los polímeros a ocupar

Para la identificación de los polímeros que forman parte del empaque a analizar, nos basaremos en una tabla proporcionada por el Manual de Prácticas del Laboratorio de No Metálicos, la cual indica con base en pruebas físicas y químicas, la naturaleza del polímero:

Rígidos		Semirrígidos			Flexibles		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PMMA</li> <li>• SAN</li> <li>• MF</li> <li>• EPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PUR-R</li> <li>• EP</li> <li>• PF</li> <li>• UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• POM</li> <li>• ABS</li> <li>• PVC-R</li> <li>• PA 6</li> <li>• PA 6/6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PBT</li> <li>• PET</li> <li>• PC</li> <li>• PSMI</li> <li>• PSAI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PEAD</li> <li>• PP</li> <li>• UP-FV</li> <li>• UHMWPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVA</li> <li>• PVC-F</li> <li>• SB</li> <li>• TPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PEBD</li> <li>• PUR-F</li> <li>• TIPU</li> <li>• SI</li> </ul>	
Transparentes		Translúcidos			Opacos		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PMMA</li> <li>• PVC-F</li> <li>• PVC-R</li> <li>• SAN</li> <li>• SB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC</li> <li>• PS</li> <li>• PET</li> <li>• EP</li> <li>• UP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• POM</li> <li>• CA</li> <li>• EVA</li> <li>• PA 6</li> <li>• PA 6/6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSMI</li> <li>• PET</li> <li>• PEAD</li> <li>• PEBD</li> <li>• UHMWPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PP</li> <li>• TPU</li> <li>• UP-FV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ABS</li> <li>• PTE</li> <li>• MF</li> <li>• PBT</li> <li>• PSAI</li> <li>• EPS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PUR-F</li> <li>• PUR-R</li> <li>• PF</li> <li>• TPU</li> <li>• SI</li> </ul>	
Flotan en el agua	No flotan en solución alcohólica	Flotan en solución diluida	Flotan en solución concentrada	No flotan			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVA</li> <li>• PTE</li> <li>• EPS</li> <li>• PEAD</li> <li>• UHMWPE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PEBD</li> <li>• PP</li> <li>• PUR-F</li> <li>• PUR-R</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EVA</li> <li>• PTE</li> <li>• PEAD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ABS</li> <li>• SAN</li> <li>• SB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PS</li> <li>• PSMI</li> <li>• PSAI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PMMA</li> <li>• PVC-F</li> <li>• PA 6</li> <li>• PA 6/6</li> <li>• PC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• POM</li> <li>• CA</li> <li>• PVC-R</li> <li>• MF</li> <li>• PBT</li> <li>• PET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TPU</li> <li>• EP</li> <li>• PF</li> <li>• UP</li> <li>• UP-FV</li> <li>• SI</li> </ul>
Difíciles de incendiar			Fáciles de incendiar				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MF</li> <li>• PA 6</li> <li>• PA 6/6</li> <li>• PC</li> <li>• PET</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UHMWPE</li> <li>• EP</li> <li>• PF</li> <li>• SI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• POM</li> <li>• CA</li> <li>• PMMA</li> <li>• ABS</li> <li>• PVC-F</li> <li>• PVC-R</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SAN</li> <li>• SB</li> <li>• TPE</li> <li>• PBT</li> <li>• PS</li> <li>• PSMI</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSAI</li> <li>• EPS</li> <li>• PEAD</li> <li>• PEBD</li> <li>• PP</li> <li>• PUR-F</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PUR-R</li> <li>• TPU</li> <li>• UP</li> <li>• UP-FV</li> </ul>		

Continúan ardiendo				Auto extinguen	
• POM	• SB	• PSAI	• PUR-F	• PVC-F	• PC
• CA	• TPE	• EPS	• PUR-R	• PVC-R	• EP
• EVA	• PBT	• PEAD	• TPU	• MF	• PF
• PMMA	• PET	• PEBD	• UP	• PA 6	• SI
• ABS	• PS	• UHMPE	• UP-FV		
• SAN	• PSMI	• PP		• PA 6/6	
Flama amarilla				Flama azul	
• CA	• SB	• PSMI	• TPU	⊕	
• PMMA	• TPE	• PSAI	• EP	• POM	• PEAD
• ABS	• MF	• EPS	• PF	• EVA	• PEBD
• PVC-F	• PBT	• PET	• UP	• PA 6	• UHMWPE
• PVC-R	• PC	• PUR-F	• UP-FV	• PA 6/6	• PP
• SAN	• PS	• PUR-R	• SI		□
Funden		Funden y gotean		Carbonizan	
• CA	• SB	• POM	• EPS	• MF	• PF
• ABS	• PC	• EVA	• PET	• PUR-F	• UP
• PVC-F	• OS	• PMMA	• PEAD	• PUR-R	• UP-FV
• PVC-R	• PSMI	• TPE	• PEBD	• EP	• SI
• SAN	• PSAI	• PA 6	• UHMWPE		
		• PA 6/6	• PP		
		• PBT	• TPU		
Humos blancos			Humos negros		
• POM	• PEBD		• ABS	• PBT	• PUR-R
• EVA	• UHMWPE		• PVC-F	• PC	• EP
• PMMA	• PP		• PVC-R	• OS	• PF
• MF	• PUR-F		• SAN	• PSMI	• UP
• PA 6	• TPU		• SB	• PSAI	• UP-FV
• PA 6/6	• SI		• TPE	• EPS	
• PEAD					

Tabla. Diagrama general del comportamiento de polímeros.

Previamente se hizo una búsqueda por internet para averiguar que tipo de polímero es el que se utiliza para los empaques alimenticios, específicamente de galletas, el más usado en la industria es el Polipropileno. Debido a esto, nuestra hipótesis es que el material del que se trata es PP.

- El polímero es semirrígido.
- No es flexible.
- Es translúcido.
- En la siguiente figura, se puede observar como el contenedor flota en el agua:



- Es fácil de incendiar, continua ardiendo, su flama es amarilla, se funden y gotean.



## **ANEXO III. Norma oficial mexicana de etiquetado para alimentos**

Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados.

### Capítulo IV. Especificaciones.

#### IV.I Requisitos generales del etiquetado

IV.I.I La información contenida en las etiquetas de los alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados debe ser veraz y describirse y presentarse de forma tal que no induzca a error al consumidor con respecto a la naturaleza y características del producto.

IV.I.II Los productos preenvasados deben presentarse con una etiqueta en la que se describa o se empleen palabras, ilustraciones u otras representaciones gráficas que se refieran al producto.

Las etiquetas que contengan los productos preenvasados pueden incorporar la descripción gráfica o descriptiva de la sugerencia de uso, empleo o preparación, a condición de que aparezca una leyenda alusiva al respecto.

IV.I.III Los alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados no deberán describirse ni presentarse con una etiqueta en los que se utilicen palabras, textos, diálogos, ilustraciones, imágenes, denominaciones de origen y otras descripciones que se refieran o sugieran, directa o indirectamente a cualquier otro producto con el que pueda confundirse, o que pueda inducir al consumidor a suponer que el alimento se relaciona en forma alguna con aquel otro producto.

**IV.II** Salvo lo indicado en el siguiente párrafo, son requisitos obligatorios de información comercial y sanitaria los siguientes. A menos de que se trate de especias y de hierbas aromáticas, los productos pequeños en que la superficie más amplia sea inferior a 10 cm<sup>2</sup> podrán quedar exentos de los requisitos: lista de ingredientes e instrucciones de uso.

IV.II.I Nombre o denominación del alimento o bebida no alcohólica preenvasado.

IV.II.I.I El nombre o la denominación del producto preenvasado debe corresponder con la establecida en los ordenamientos jurídicos específicos; en ausencia de éstos, puede indicarse el nombre de uso común, o bien, emplearse una descripción de acuerdo con las características básicas de la composición y naturaleza del alimento o bebida no alcohólica preenvasado, que no induzca a error o engaño al consumidor. En el caso de que haya sido objeto de algún tipo de tratamiento, se puede indicar el nombre de éste, con excepción de aquellos que de acuerdo con los ordenamientos correspondientes sean de carácter obligatorio.

#### IV.II.II Lista de ingredientes

En la etiqueta de los productos preenvasados cuya comercialización se haga en forma individual, debe figurar una lista de ingredientes, la cual puede eximirse cuando se trate de productos de un solo ingrediente.

La lista de ingredientes debe ir encabezada o precedida por el término Ingredientes:

Los ingredientes del alimento o bebida no alcohólica preenvasado deben enumerarse por orden cuantitativo decreciente (m/m).

El porcentaje del ingrediente, por peso o volumen, según corresponda, se declarará en la etiqueta muy cerca de las palabras o imágenes o gráficos que enfatizan el ingrediente particular, o al lado del nombre común o denominación del alimento o bebida no alcohólica preenvasado, o adyacente al ingrediente que corresponda en la lista de ingredientes. Se declarará como un porcentaje mínimo cuando el énfasis sea sobre la presencia del ingrediente, y como un porcentaje máximo cuando el énfasis sea sobre el bajo nivel del ingrediente.

#### IV.II.III Contenido neto y masa drenada.

- Debe declararse el contenido neto y cuando aplique, la masa drenada en unidades del Sistema General de Unidades de Medida de conformidad a lo que establece la NOM-030-SCFI-2006, independientemente de que también pueda expresarse en otras unidades (véase Referencias).
- Nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal.
- Para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados, debe indicarse en la etiqueta el nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal del responsable del producto de manera enunciativa mas no limitativa: calle, número, código postal y entidad federativa en que se encuentre.
- Para productos preenvasados importados debe indicarse en la etiqueta el nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal del responsable del producto. Esta información puede incorporarse al producto preenvasado en territorio nacional, después del despacho aduanero y antes de la comercialización del producto.

#### IV.II.IV País de origen

#### IV.II.V Identificación del lote

- Cada envase debe llevar grabada o marcada de cualquier modo la identificación del lote al que pertenece, con una indicación en clave que permita su rastreabilidad.
- La identificación del lote que incorpore el fabricante en el producto preenvasado debe marcarse en forma indeleble y permanente, y no debe ser alterada u ocultada de forma alguna hasta que sea adquirido por el consumidor.

#### IV.II.VI Fecha de caducidad o de consumo preferente

- "Fecha de caducidad \_\_\_\_", "Caducidad \_\_\_\_", "Fech Cad \_\_\_\_", CAD, Cad, cad, Fecha de expiración, Expira, Exp, EXP, exp, Fecha de vencimiento, Vencimiento.
- Para el caso de consumo preferente, ésta debe indicarse anteponiendo alguna de las siguientes leyendas, sus abreviaturas o leyendas análogas: "Consumir preferentemente antes del \_\_\_\_", "Cons. Pref. antes del \_\_\_\_". y "Cons Pref".

Al declarar la fecha de caducidad o de consumo preferente se debe indicar en la etiqueta cualquiera de las condiciones especiales que se requieran para la conservación del alimento o bebida no alcohólica preenvasado, si de su cumplimiento depende la validez de la fecha.

Por ejemplo, se pueden incluir leyendas como: "manténgase en refrigeración"; "consérvese en congelación"; "una vez descongelado no deberá volverse a congelar"; "una vez abierto, consérvese en refrigeración", u otras análogas.

#### IV.II.VII Información nutrimental

La declaración nutrimental en la etiqueta de los productos preenvasados es obligatoria.

La información nutrimental puede presentarse de la siguiente manera o análogas conforme lo indicado en la tabla 3:

**Tabla 3. Presentación de la información nutrimental**

<b>Información nutrimental</b>	<b>Por 100 g o 100 ml, o por porción o por envase</b>
Contenido energético kJ (kcal)	_____ kJ (kcal)
Proteínas	_____ g
Grasas (lípidos)	_____ g, de las cuales _____ g de grasa saturada
Carbohidratos (hidratos de carbono)	_____ g, de los cuales _____ g de azúcares.
Fibra dietética	_____ g
Sodio	_____ mg
Información adicional	_____ mg, µg o % de IDR

#### IV.II.X Generalidades

- Las etiquetas que ostenten los productos preenvasados deben fijarse de manera tal que permanezcan disponibles hasta el momento del consumo en condiciones normales, y deben aplicarse por cada unidad, envase múltiple o colectivo.

- Los datos que deben aparecer en la etiqueta deben indicarse con caracteres claros, visibles, indelebles y en colores contrastantes, fáciles de leer por el consumidor en circunstancias normales de compra y uso.
- El dato relativo al lote, fecha de caducidad o de consumo preferente puede ser colocado en cualquier parte del envase.
- Cuando el envase esté cubierto por una envoltura, debe figurar en ésta toda la información aplicable, a menos de que la etiqueta del envase pueda leerse fácilmente a través de la envoltura exterior.
- Deben aparecer en la superficie principal de exhibición del producto cuando menos la marca, la declaración de cantidad y la denominación del alimento o bebida no alcohólica preenvasado y aquella cuya ubicación se haya especificado. El resto de la información a que se refiere esta Norma Oficial Mexicana, puede incorporarse en cualquier otra parte del envase.