



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS  
DESECHOS GENERADOS POR EL EMPAQUE EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**

**Leslie Mariel Taracena Carballo**

Asesorado por el MI. Ing. Nery Augusto Paz Barrientos

Guatemala, marzo de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS  
DESECHOS GENERADOS POR EL EMPAQUE EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LESLIE MARIEL TARACENA CARBALLO**  
ASESORADO POR EL MI. ING. NERY AUGUSTO PAZ BARRIENTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, MARZO DE 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                     |
|------------|-------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos     |
| VOCAL I    | Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno |
| VOCAL II   | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  |
| VOCAL III  | Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa |
| VOCAL IV   | Br. Walter Rafael Véliz Muñoz       |
| VOCAL V    | Br. Sergio Alejandro Donis Soto     |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez     |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                      |
|------------|--------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos      |
| EXAMINADOR | Ing. Jaime Domingo Carranza González |
| EXAMINADOR | Ing. Orlando Posadas Valdez          |
| EXAMINADOR | Ing. Erwin Manuel Ortiz Castillo     |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas     |



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS DESECHOS GENERADOS POR EL EMPAQUE EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 20 de febrero de 2013.

  
**Leslie Mariel Taracena Carballo**





Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería  
Teléfono 2418-9142

**AGS-MGIPP-0045-2013**

Guatemala, 20 de febrero de 2013.

Director  
Víctor Manuel Monzón Valdez  
Escuela de Ingeniería Química  
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Leslie Mariel Taracena Carballo** con carné número **2001-12423**, quien optó la modalidad del **"PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO"**. Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Gestión Industrial**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"

*César Akú Castillo* MSc.  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4,073

*Nery Augusto Paz Barrientos*  
Msc. Ing. Nery Augusto Paz Barrientos  
Asesor (a)

Ing. Agr. MI. Nery Paz  
Colegiado 1997

*César Augusto Akú Castillo*  
Msc. Ing. César Augusto Akú Castillo  
Coordinador de Área  
Gestión y Servicios

*Mayra Virginia Castillo Montes*  
Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora

Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
/la





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la estudiante, **LESLIE MARIEL TARACENA CARBALLO**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en GESTIÓN INDUSTRIAL** titulado **"DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS DESECHOS GENERADOS POR EL EMPAQUE EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS"**. Procedé a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo 2013

Cc: Archivo  
Copia: Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala  
VMMV/ale



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 160 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DEL ANÁLISIS DE LA HUELLA DE CARBONO DE LOS DESECHOS GENERADOS POR EL EMPAQUE EN UNA EMPRESA DE ALIMENTOS**, presentado por la estudiante universitaria: **Leslie Mariel Taracena Carballo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 4 de marzo de 2013

/gdech





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por sus bendiciones que me han permitido alcanzar cada una de mis metas. Además de su su amor incondicional.
- Mis padres** Rodolfo Taracena y Griselda de Taracena. Gracias a su amor, apoyo, comprensión y sacrificios en cada momento. Y por las fuerzas que me dan para seguir adelante.
- Mi hermana** Jessica Taracena de Santizo, por su cariño y apoyo.
- Mis abuelos** Que fueron un ejemplo de bondad, amor y trabajo .
- Mis sobrinos** Alejandro y María José Santizo Taracena. Por llenar mi vida de alegría y enseñarme a ser una mejor persona.





## **AGRADECIMIENTOS A:**

|  |  |
|--|--|
| <b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b> | Por ser una importante influencia en mi formación personal y profesional.  |
| <b>Facultad de Ingeniería</b>                    | Por brindarme la educación para superarme. Y por ser un ejemplo de formación académica.  |
| <b>Escuela de Química</b>                        | Por abrirme las puertas, y ser una importante influencia en mi carrera.  |
| <b>Escuela de Estudios de Posgrado</b>           | Por ser una importante influencia en mi carrera.   |
| <b>Mi hermana</b>                                | Jessica Taracena de Santizo, por su apoyo.   |
| <b>Mi primo</b>                                  | Luis Fernando Barro, por su apoyo.   |
| <b>Mi cuñado</b>                                 | Omar Santizo, por su apoyo.  |
| <b>Mis amigas</b>                                | Ana María Tobar, Mariacela Flores, Grisel Herrea, Cecilia Ruiz, Jackeline Quiñónez, Livia Álvarez y Sofía Godoy, por su amistad sincera y apoyo en todo este tiempo. |
| <b>Ing. Nery Paz</b>                             | Por sus asesoría y apoyo.  |

**Inga. Dilma Mejicanos**

Por su asesoría, apoyo y paciencia.

## ÍNDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....                               | III |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                                     | V   |
| GLOSARIO .....  | VII |
| RESUMEN.....  | IX  |
| <br>  |     |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                       | 1   |
| 2. ANTECEDENTES .....                                       | 5   |
| 3. OBJETIVOS .....  | 9   |
| 4. JUSTIFICACIÓN .....                                      | 11  |
| 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                          | 13  |
| 6. ALCANCES.....  | 15  |
| 7. ÍNDICE DE CONTENIDO.....                                 | 17  |
| 8. MARCO TEÓRICO.....                                       | 19  |
| 8.1. Gestión de las devoluciones .....                      | 20  |
| 8.2. Productos fuera de uso.....                            | 22  |
| 8.3. Logística inversa.....                                 | 24  |
| 8.3.1. Definición .....                                     | 24  |
| 8.3.2. Ventajas y desventajas de la logística inversa ..... | 27  |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 8.3.3. | Sistemas de logística inversa .....   | 29 |
| 8.4.   | Huella ecológica de carbono .....   | 31 |
| 8.4.1. | Definición.....   | 31 |
| 8.4.2. | Huella de carbono de producto.....  | 32 |
| 8.5.   | Guía PAS 2050 .....   | 32 |
| 8.5.1. | Identificación de la cadena de suministradores,<br>producto y unidad funcional..... | 33 |
| 8.5.2. | Elaboración de mapas de procesos.....   | 34 |
| 8.5.3. | Recopilación de datos .....   | 34 |
| 8.5.4. | Cálculo de la huella de carbono.....  | 36 |
| 9.     | HIPÓTESIS .....   | 37 |
| 10.    | VARIABLES.....  | 39 |
| 11.    | METODOLOGÍA .....   | 41 |
| 11.1.  | Población y muestra.....  | 44 |
| 12.    | CRONOGRAMA .....  | 45 |
| 13.    | PRESUPUESTO.....  | 47 |
| 14.    | BIBLIOGRAFÍA.....   | 49 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|    |                                     |    |
|----|-------------------------------------|----|
| 1. | La cadena de valor ampliada .....   | 27 |
| 2. | Cadena lineal de proveedores.....   | 33 |
| 3. | Ciclo de vida del producto .....    | 35 |
| 4. | Cronograma de actividades 2012..... | 45 |
| 5. | Cronograma de actividades 2013..... | 46 |

### TABLAS

|    |  |    |
|----|--|----|
| I. | Procedimiento para metodología PAS 2050..... | 42 |
|----|--|----|



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b> |
|----------------|--------------------|
| <b>km</b>      | Kilómetro          |
| <b>kWh</b>     | Kilovatio por hora |
| <b>%</b>       | Porcentaje         |





## GLOSARIO

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>Ciclo de vida</b>      | Secuencia de eventos que sigue dicho producto desde la obtención de la materia prima que lo compone, hasta el fin del ciclo en donde este producto puede ser desechado o puede ser reciclado, en cuyo caso inicia un nuevo ciclo de vida distinto del anterior.   |
| <b>CO2</b>                | Dióxido de carbono. Gas incoloro, denso y poco reactivo, que forma parte de la capa de la atmósfera.  |
| <b>Efecto invernadero</b> | Fenómeno por el cual determinados gases, componentes de la atmósfera, retienen parte de la energía que la superficie planetaria emite por haber sido calentada por la radiación estelar. Este fenómeno evita que la energía recibida constantemente vuelva inmediatamente al espacio, produciendo un efecto similar al observado en un invernadero. |
| <b>GEI</b>                | Gases de efecto invernadero. Son los gases cuya presencia en la atmósfera contribuyen al cambio climático.  |
| <b><i>Inputs</i></b>      | Entrada   |

|                        |   |
|------------------------|---|
| <b>Logística</b>       | Proceso de planificación, desarrollo y control eficiente del flujo de materiales, productos e información desde el lugar de origen hasta el de consumo. |
| <b>Mapa de proceso</b> | Representación gráfica de los procesos de una organización y sus interrelaciones.   |
| <b><i>Outputs</i></b>  | Salida  |
| <b>PET</b>             | Tereftalato de polietileno, perteneciente al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres.  |

## **RESUMEN**

En la presente investigación, se analiza la huella ecológica de carbono de los empaques de polietileno que se generan a partir de las devoluciones de productos que se reciben en una empresa de alimentos, que fabrica y comercializa especias y condimentos, utilizando como metodología la guía PAS 2050.

El material de empaque obtenido tiene diferentes opciones para su destino final, sin embargo, este estudio se limita a dos tratamientos en particular: recuperación y reciclaje. En el primero, se analiza la huella de carbono de la recuperación del empaque (clasificación, limpieza, desinfección y uso). Y en el segundo, se analiza la huella de carbono del reciclaje del empaque (clasificación y uso como material para posterior reciclaje).

Por último, se lleva a cabo un análisis comparativo de los índices de huella de carbono de los 2 procesos anteriores, para proponer el tratamiento que represente el menor impacto ambiental, como parte de un modelo de toma de decisiones.



# 1. INTRODUCCIÓN

En una empresa de comestibles se fabrican y comercializan productos alimenticios para el consumo humano, así como los diferentes condimentos para este tipo de manufactura y para el consumidor final. El proceso de elaboración de dichos condimentos abarca varios pasos de transformación (pesaje, mezclado, envasado y empaque), desde la materia prima hasta el producto terminado. Una vez que ha terminado su proceso y el producto es aprobado, está listo para su distribución, venta y consumo.

Sin embargo, en algunas ocasiones el producto no satisface las necesidades del cliente por varios motivos (defectos, daños durante la distribución, motivos contractuales de inventario, especificación, etcétera) y son devueltos al proveedor. Es común, que en una empresa que fabrica y distribuye alimentos se tenga una política de devolución como servicio posventa en la cual el proveedor se responsabiliza por los artículos de devolución.

Con base en la experiencia, se ha visto que las devoluciones son una de las causas más importantes que demandan un proceso adicional, como logística inversa.

La logística inversa se define como el proceso de planeación, implementación y control eficiente del flujo efectivo de costo desde el punto de consumo al punto de origen, con el fin de recuperar valor o realizar su adecuada eliminación.

La logística inversa tiene como elementos fundamentales la gestión de los residuos, el reciclaje, la reutilización, la recuperación, la refabricación, la eliminación de desechos o residuos integrando la cadena de suministro y utilizando la información como una herramienta en la toma de decisiones.

Las devoluciones suponen aproximadamente el 6 por ciento del volumen total de ventas de una empresa (Rogers et al., 2001), por lo cual ha sido de interés para muchas empresas recuperar o reducir el valor económico y ecológico como sea posible.

La huella ecológica es una importante herramienta para establecer tanto el impacto de las actividades humanas sobre el ecosistema, como las medidas correctoras para paliar dichos impactos. Este indicador recoge todos los consumos realizados por la organización (combustibles, electricidad, materiales, servicios, agropecuarios y pesqueros, forestales, agua), ocupación de suelo y producción de residuos, emisiones o vertidos, y los convierte a toneladas de CO2 equivalente.

Para determinar dichos indicadores existen varias metodologías útiles para su cálculo y verificación. PAS 2050, es una recomendación que describe el método para la medida de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) producidos en toda la cadena de producción de productos y servicios.

El tema de investigación propuesto, diseño de la investigación de análisis de la huella de carbono de los desechos generados por el empaque en una empresa de alimentos, se ha extraído y desarrollado a partir de la línea de investigación de Logística Inversa propuesta por la Maestría Gestión Industrial.

En este estudio se planteará analizar el problema que genera el material de empaque de los productos de devoluciones de una empresa de manufactura de especias y condimentos, especialmente en los empaques de polietileno.

Este estudio de la generación de material de empaque de los productos de devoluciones se limitará a las opciones de reciclaje (de los residuos generados) y recuperación (para uso posterior), y se evaluará desde el punto de vista del impacto de la huella ecológica de carbono como herramientas para toma de decisiones para su destino final, en donde se pretenderá establecer análisis y resultados para tomar la mejor decisión del destino final del empaque, generado por las devoluciones, considerando la parte económica y ambiental.

La presente investigación consta de varias etapas, que incluyen: determinación de la huella ecológica de carbono de producto en el proceso de recuperación, determinación de la huella ecológica de carbono de producto en el proceso de reciclaje y por último, análisis comparativo de los índices de huella de carbono en los dos procesos anteriores.





## 2. ANTECEDENTES

En las empresas de comestibles, en particular la empresa que manufactura condimentos, fabrica y comercializa productos para un consumidor final y clientes industriales de la producción de alimentos. Como servicio de posventa que la empresa ofrece a sus clientes, se tiene la política de devoluciones en donde se reciben productos que han sido rechazados por los clientes (por diferencia de especificación o inventario).

Luego de ser rechazados, el producto regresa a la planta en donde se evalúa el motivo de su retorno y es reprocesado o descartado, según sea la calidad del producto. Sin embargo, el material de empaque original es descartado y si es posible clasificado como reciclaje debido a las políticas de calidad internas de la empresa, la cual no permite utilizar materiales contaminados que ya han sido utilizados anteriormente. Uno de los empaques más utilizados para el empaque de alimentos es el envase de PET, con el cual se puede considerar su reciclaje o recuperación.

Para poder reutilizar el envase, es necesaria una limpieza y desinfección que garantice nuevamente la inocuidad del empaque apto para el contacto con alimentos. Sin embargo, este proceso adicional requiere de un costo extra para la empresa y por ello, muchas veces se opta por su disposición final.

Es conveniente analizar el impacto ambiental que genera el reproceso del empaque (limpieza) y el reciclaje (de lo que ha sido descartado) en función de la huella ecológica de carbono.

Se han llevado a cabo varias investigaciones que proponen soluciones y estrategias para la generación del empaque a través de la logística inversa y que aportan ventajas competitivas a la organización y al medioambiente.

En el 2006, en la tesis de Juan Pablo Soto Zuluaga se estudia el sistema de logística inversa para analizar los problemas que sufren las empresas en esta área. Se proponen 4 modelos matemáticos concernientes a los problemas de planificación que presentan las empresas cuando incorporan las devoluciones y metodologías para solucionarlos. (Soto, 2006)

En una posterior de Sergio Rubio, desarrollo de un sistema de logística inversa en el grupo industrial Alfonso Gallardo, se estudian las distintas opciones de recuperación existentes a través del concepto de logística inversa para la recuperación del embalaje utilizado por una empresa, dentro del estudio se plantea la estrategia comunitaria en cuestión de residuos que tiene como meta reducir, durante el período de vigencia de este plan, en un 20 por ciento la cantidad de residuos destinados a eliminación, por tanto, no recuperables.

Para lograr este objetivo, se utiliza un principio fundamental que establece una jerarquía para la gestión de los residuos, dando preferencia en primer lugar a la prevención, seguidamente a la recuperación de los residuos (con prioridad de la reutilización frente al reciclaje y de éste frente a la valorización o aprovechamiento energético de los residuos). Por último, a la eliminación de los residuos mediante su deposición en vertederos. (Rubio, 2007).

En la investigación de Juan Luis Doménech, guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa, se analiza la huella ecológica corporativa como indicador de sostenibilidad, y se describe la metodología para calcularla.

Entre las propuestas se señala la incorporación de herramientas como mecanismos de desarrollo limpio y responsabilidad social corporativa como parte de sus estrategias para el desarrollo sostenible. (Doménech, 2006).



### **3. OBJETIVOS**

#### **General**

Determinar la disposición final para el material de empaque proveniente de las devoluciones, que represente el menor impacto ambiental a través de la medición de la huella ecológica de carbono.

#### **Específicos**

1. Determinar el valor de la huella de carbono, para el proceso de recuperación del material de empaque de PET derivado de las devoluciones.
2. Determinar el valor de la huella de carbono, para el proceso de reciclaje del material de empaque de PET derivado de las devoluciones.
3. Comparar el valor de la huella de carbono de los procesos de recuperación y reciclaje.



## **4. JUSTIFICACIÓN**

La metodología de PAS 2050 describe el procedimiento para la medición de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), emitidos en toda la cadena de producción de productos y servicios.

En una empresa de alimentos cuando se recupera el producto de devoluciones, se tiene la problemática de la generación de residuos del envase o material de empaque y su adecuada disposición entre la opción de reciclaje y recuperación. Las devoluciones suponen aproximadamente el 6 por ciento del volumen total de ventas de una empresa.

En 2012, se han encontrado pocas empresas que cuenten con estrategias para la disposición final de dichos empaques en las cuales son aprovechados estos recursos. En cambio, la mayoría de industrias no han evaluado el uso potencial del material de empaque de los productos devueltos y se ha optado por el descarte. Al realizar un análisis ambiental en función de la huella ecológica de carbono para dos diferentes alternativas, reciclaje y recuperación, se puede demostrar y concluir el impacto ambiental de estos materiales.

Al considerar el análisis de las 2 alternativas, la empresa se beneficia para tomar la mejor decisión económicamente sostenible, y se contribuye a la sociedad para minimizar los efectos del cambio climático.





## 5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### Definición del problema

En algunas empresas que fabrican y comercializan productos, es común que se reciban devoluciones de los productos que no han satisfecho las necesidades de los clientes. Tal es el caso de algunas empresas de alimentos que ofrecen un servicio posventa, a través de sus políticas internas de devoluciones, en donde se reciben estos productos que han sido rechazados por el cliente.

En el caso de las devoluciones, se tienen procedimientos y políticas internas para la evaluación del producto y su disposición final, es decir si el producto no ha sido contaminado pasa por un proceso para ajustar las especificaciones que requiera; si el producto está contaminado o vencido, se descarta.

En esta industria de alimentos no se cuenta con una política para el material de empaque de las devoluciones. Tomando en cuenta que no es tan fácil reutilizar los envases devueltos ya que deben de llevar un proceso de limpieza y desinfección que garanticen su uso para empaque de alimentos, lo cual requiere de un costo adicional o la otra alternativa, descartar el empaque y clasificarlo para su posterior reciclaje.

De igual forma, tampoco es común que se cuente con un análisis del indicador de huella ecológica de carbono para evaluar la mejor opción del material de empaque como estrategia competitiva.

Al analizar esta problemática y buscar soluciones alternativas, surgen algunas interrogantes:

¿Cuál es el proceso que representa el menor impacto ambiental, en función de la huella de carbono, para el material de empaque proveniente de las devoluciones?

¿Cuál es el valor de la huella de carbono para el proceso de recuperación del material de empaque de PET derivado de las devoluciones?

¿Cuál es el valor de la huella de carbono para el proceso de reciclaje del material de empaque de PET derivado de las devoluciones?

¿Cuál es la diferencia del valor de la huella de carbono entre los procesos de recuperación y reciclaje del material de empaque de PET de las devoluciones?

## 6. ALCANCES

El alcance de la presente investigación, está orientado en describir el impacto ambiental que generan los procesos de reciclaje y recuperación del material de empaque que resulta en las devoluciones. Este estudio se limita a los productos de devoluciones de las empresas de alimentos de Guatemala. Sin embargo los fundamentos y metodología utilizada (Guía PAS 2050) se pueden aplicar para otros estudios relacionados, como:

- Devoluciones, procedimientos y políticas internas para la evaluación del producto y su disposición final.
- Prácticas de ambiente y sostenibilidad.
- Aplicaciones de la metodología de PAS 2050:2008 para la estimación de la huella ecológica de carbono.
- Estudios de reciclaje de material de PET.
- Empresas de alimentos que cuenten con política de devoluciones.
- Comparación de procesos de recuperación y reciclaje del material de empaque en temas de impacto ambiental.
- Toma de decisiones para el destino final del material de empaque dentro de una empresa manufacturera, en función del índice de la huella ecológica de carbono.



## **7. ÍNDICE DE CONTENIDO**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS/HIPÓTESIS/JUSTIFICACIÓN

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

ANTECEDENTES/ALCANCE

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE DEVOLUCIONES
  - 1.1. Gestión de las devoluciones
  - 1.2. Productos fuera de uso
  
2. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LOGÍSTICA INVERSA
  - 2.1. Definición
  - 2.2. Ventajas y desventajas de la logística inversa
  - 2.3. Sistemas de logística inversa
  
3. PRINCIPIOS BÁSICOS DE HUELLA ECOLÓGICA DE CARBONO
  - 3.1. Definición
  - 3.2. Huella de carbono de producto
  - 3.3. Norma PAS 2050
  
4. CÁLCULO DE HUELLA ECOLÓGICA DE PRODUCTO

- 4.1. Huella ecológica de producto en el proceso de recuperación del material de empaque
- 4.2. Huella ecológica de producto en el proceso de reciclaje del material de empaque
- 4.3. Análisis comparativo de la huella ecológica de producto entre el proceso de recuperación y el proceso de reciclaje

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFLEXIONES FINALES

REFERENCIAS

APÉNDICE

## **8. MARCO TEÓRICO**

La industria alimenticia, es la parte de la industria encargada de la elaboración, transformación, preparación, conservación y envasado de los alimentos de consumo humano y animal. De igual manera, en una empresa de condimentos, se fabrican y distribuyen productos comestibles para el consumidor final y clientes industriales. Para elaborar estos productos se llevan a cabo diferentes procesos de manufactura, los cuales consisten en: recepción, inspección, almacenamiento, molienda, mezclado, envasado, etiquetado, distribución y transporte.

Ocasionalmente, algunos productos sufren algún daño durante la manipulación, están fuera de las especificaciones del cliente, no es rotado adecuadamente o está fuera de inventario por lo cual son rechazados por el cliente y regresa a la empresa proveedora como un producto de devolución. Luego de ser rechazados, el producto regresa a la planta en donde se evalúa el motivo de su retorno y es reprocesado o descartado, según sea la calidad del producto.

Sin embargo, el material de empaque original es descartado y si es posible clasificado como reciclaje debido a las políticas de calidad internas de la empresa, la cual no permite utilizar materiales contaminados que ya han sido utilizados anteriormente. Uno de los empaques más utilizados para el empaque de alimentos es el envase de PET, con el cual se puede considerar su reciclaje o recuperación.

## **8.1. Gestión de las devoluciones**

El responsabilizarse por una venta ya realizada, se ha convertido en una forma de valor agregado que hace a cualquier producto más atractivo a la percepción del consumidor.

Una forma de servicio posventa son las muy conocidas devoluciones: artículos que no fueron considerados por los clientes como merecedores de la inversión que realizaron y las cuales casi nunca son consideradas como un factor que afecte la relación cliente-empresa. La creciente preocupación por el ambiente ha llevado a la fama al proceso de reciclaje. La conciencia ambiental y la preocupación por el bienestar y conservación de los recursos naturales parecen, en ocasiones, causar mayores descontentos en los consumidores que sus propias inconformidades.

En cualquier caso, lo que se aprecia son unas cuantas de las muchas manifestaciones de un tipo de flujo de material que se ha denominado Logística Inversa y cuyo concepto será desarrollado en este artículo. (Cure, 2006).

Una de las causas importantes que generan logística inversa de productos son las devoluciones. El flujo de devolución de los productos desde el distribuidor hasta el fabricante a través de la cadena de suministro o mediante otros medios, representa una gestión específica que puede generar una alta complejidad y que exige idéntica atención que el proceso logístico normal.

En este sentido una buena política de devoluciones puede suponer el ganar competitividad y fidelizar a los clientes. (López, 2010).



La industria es uno de los actores principales en la generación de residuos y de hecho numerosos autores, aún asumiendo la existencia de una responsabilidad compartida entre, al menos, empresas, gobiernos y consumidores, señalan que el papel de las empresas en la lenta degradación del planeta es particularmente relevante (13) (Schmidheiny, 1992; Hawken, 1993; Klassen, 1993; Shrivastava, 1995).

Sin embargo, existe otra situación en la que se produce también un flujo de retorno de productos desde el consumidor hacia el fabricante: las devoluciones.

Aquellos productos que, por distintos motivos, no satisfacen las necesidades del cliente son susceptibles de devolución, generando de esta forma una casuística similar a la analizada hasta este momento, al menos en lo referente a la existencia de un flujo de productos desde el cliente al fabricante.

Las referencias al concepto de logística inversa se realizan tanto desde el punto de vista de las devoluciones como desde la perspectiva de la recuperación de productos y, generalmente, de una manera excluyente; es decir, la consideración de una función inversa de la logística para la gestión eficiente de las devoluciones, no contempla la posibilidad de utilizar dicho sistema de retorno para recuperar los productos fuera de uso y viceversa.

De esta forma, se puede hablar de una logística de devoluciones (*return logistics*) y de una logística para la recuperación (*recovery logistics*) como dos realidades que coexisten en el concepto de logística inversa.

Las devoluciones suponen aproximadamente el 6 por ciento del volumen total de ventas de una empresa (Rogers et al., 2001; Stock, 2001), aunque esta cifra varía dependiendo del sector y del mercado que se considere.

Del total de productos devueltos, aproximadamente la mitad son defectuosos, generalmente debido a fallos de fabricación (más de un 90 por ciento) o a desperfectos sufridos durante la distribución del producto (transporte, almacenaje, exposición, etcétera).

El otro 50 por ciento de los productos devueltos no presentan defectos o fallos de funcionamiento que motiven su devolución, sino que se corresponden con errores de compra (talla, tamaño, especificaciones, etc.), motivos contractuales (“Si no queda satisfecho,...”, “El cliente siempre tiene la razón”,...) o por ajustes de inventario (insuficiencia de la demanda, obsolescencia del producto, rotación de existencias, etcétera).

Thierry et al. (1995, 114) define el concepto de gestión de productos recuperados como la gestión de todos los productos, componentes y materiales desechados por los consumidores, sobre los que el fabricante tiene algún tipo de responsabilidad, y cuyo objetivo es recuperar tanto valor económico (y ecológico) como sea posible, reduciendo de esta forma la cantidad final de residuos. (Rubio, 2003).

## **8.2. Productos fuera de uso**

Se pueden establecer 2 tipos de bienes que fluyen en forma inversa, los deseados y los no deseados. Los no deseados incluyen todos los artículos que entran al flujo inverso por razones desconocidas.

Usualmente, estos artículos son retornados a causa de insatisfacción del consumidor, y su llegada no es predecible, ya que la empresa supone que está entregando el mejor producto al cliente sin saber, en realidad, qué es lo que éste está recibiendo.

Los artículos denominados deseados son producto de acuerdos posventa con el consumidor, brindándole a éste algunas ventajas usualmente de intercambio, reemplazo o, en algunas ocasiones, de compra (beneficios económicos). (Cure, 2006).

Cuestiones tales como la reducción de emisiones contaminantes, la minimización de los residuos generados, la producción limpia o el reciclaje, empiezan a ser elementos considerados en la formulación de la estrategia empresarial y así aparece reflejado en las, cada vez más frecuentes, memorias medioambientales. Las empresas comienzan a descubrir las posibilidades económicas de estos residuos, cuya gestión se configura, en muchos casos, como una nueva actividad empresarial.

De esta forma, se propone la siguiente clasificación de las opciones de gestión para los productos fuera de uso:

- **Reutilización:** existe un aprovechamiento integral del producto retornado una vez realizadas pequeñas operaciones de limpieza y mantenimiento. La calidad de los productos reutilizados es totalmente equiparable a la de los productos originales, aunque generalmente existe un límite en cuanto al número de reutilizaciones.
- **Refabricación:** se recuperan partes y componentes del producto fuera de uso para su utilización en la fabricación de nuevos productos.

De esta manera, se busca que la calidad de los productos refabricados sea igual a la de los productos fabricados con componentes originales.

- **Reciclaje:** se realiza una recuperación del material con el que está fabricado el producto fuera de uso, de manera que éste pierde su identidad durante el proceso. Los niveles de calidad del producto elaborado con materiales reciclados pueden alcanzar a los de los productos originales.

Se considera que esta clasificación resume, de un modo más directo, las diferentes opciones con que cuenta la empresa para recuperar el valor que incorporan los productos fuera de uso. (Rubio, 2003).

### **8.3. Logística inversa**

Como lo señala Rubio en la literatura, se puede definir a la logística como el proceso de planificación, desarrollo y control eficiente del flujo de materiales, productos e información desde el lugar de origen hasta el de consumo de manera que se satisfagan las necesidades del consumidor, recuperando el residuo obtenido y gestionándolo de tal manera que sea posible su reintroducción en la cadena de suministro, obteniendo un valor añadido y/o consiguiendo una adecuada eliminación del mismo. (Rubio, 2003).

#### **8.3.1. Definición**

En la literatura, existen varias definiciones que se relacionan con el concepto de logística. Del enunciado anterior, se puede desprender el concepto de logística inversa.

El Consejo de Dirección Logística o Council Logistics Management (CLM) lo define como parte del proceso de la cadena de suministro que planea, ejecuta y controla el flujo y almacenamiento de bienes y servicios, así como la información relacionada, desde el punto de origen hasta el punto de consumo con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente”. (Gómez, 2010).

De una manera más formal, la logística inversa ha sido definida por el Reverse Logistics Executive Council (RLEC) o el Consejo Ejecutivo de la Logística Inversa en español como: el proceso de planeación, implementación y control eficiente del flujo efectivo de costo de materias primas, inventario de producto en proceso, productos terminados e información relacionada desde el punto de consumo al punto de origen, con el fin de recuperar valor o realizar su adecuada eliminación. (Gómez, 2010).

También entre los conceptos utilizados, se emplea la expresión logística verde, que tiene una importante diferencia respecto a la logística inversa: se define como logística inversa a todos los esfuerzos de mover mercancías para recobrar valor; como logística verde se refiere al proceso de reducir al mínimo el impacto ecológico de la logística.

Las actividades verdes de la logística incluyen la medición de las consecuencias para el medio ambiente del transporte, la reducción en el uso de la energía y de los materiales. Existen actividades verdes que no son logística inversa: por ejemplo, la reducción del consumo de energía o diseñar un embalaje que permita reducir el empaquetado.

Sin embargo, uno de los puntos más importantes de la logística inversa es la relacionada con la recogida y el tratamiento de los bienes y productos que han finalizado su vida útil.

Muchos de estos productos son o tienen en su composición elementos contaminantes que es preciso controlar.

La denominación de logística verde viene derivada de las actividades necesarias para la recogida de estos productos y su transporte hasta los centros de transformación, donde se procederá, si así conviene, a su desmontaje, selección y tratamiento adecuado a cada tipo de producto. (López, 2010).

Últimamente, han aparecido nuevas definiciones de la cadena de suministro, como la de Sarkis (2003) que se refiere a un sistema que incluye las compras, la logística de entrada y salida, la refabricación, la distribución y la logística inversa. Para Handfield y Nichols (1998), la cadena de suministro incluye todas las actividades asociadas al flujo de transformación de las materias primas en mercancías hacia el consumidor final, sea quien sea ese consumidor final y sea como sea esa mercancía que pasa a convertirse en materia prima en la logística inversa, así como los flujos de información asociados.

Se puede pensar, por lo tanto, en ampliar la cadena de valor de Porter, en sus actividades primarias, incluyendo como parte de las mismas estas nuevas actividades.

Figura 1. **La cadena de valor ampliada**



Fuente: López Parada, J. Incorporación de la Logística Inversa en la Cadena de Suministros y su influencia en la Estructura Organizativa de las Empresas.

### 8.3.2. **Ventajas y desventajas de la logística inversa**

Algunas de las ventajas o beneficios potenciales de la implementación de un programa de logística inversa, se mencionan a continuación:

- Disminución de la incertidumbre en la llegada de productos fuera de uso.
- Reaprovechamiento de algunos materiales.
- Posibilidad de la empresa de abarcar otros mercados.
- Mayor confianza en el cliente al momento de tomar la decisión de compra.
- Mejora considerable de la imagen de la empresa ante los consumidores.
- Obtención de información de retroalimentación acerca del producto.

En lugar de mencionar los siguientes puntos como desventajas, se han denominado puntos críticos o posibles dificultades:

- Se requiere la realización de estudios previos para el establecimiento de políticas de decisión en el tema.
- No se trata sólo de una simple manipulación del producto.
- Todos los departamentos de la empresa están relacionados con las actividades que se pretendan implementar de logística inversa.
- Las entradas a un proceso de logística inversa son impredecibles.
- Las inspecciones deben ser realizadas en cada producto de forma individual y minuciosa.
- La nueva cadena (inversa) incluye un número de procesos inexistentes en logística directa.
- Se debe decidir si la empresa debe realizar las distintas actividades con sus propios recursos o si, por el contrario, requerirá los servicios de un operador especializado.
- Las devoluciones en pequeñas cantidades tienden a representar mayores costos al integrarlos al sistema. (Cure, 2006).



### **8.3.3. Sistemas de logística inversa**

Las actividades encaminadas a la recuperación de los productos fuera de uso son, además de una obligación, una forma de aprovechar el valor económico que aún incorporan estos productos fuera de uso y de esta forma contribuir a la generación de ventajas competitivas de carácter sostenible.

Las posibilidades de recuperación económica no son las mismas para todos los productos fuera de uso, e incluso las opciones existentes para la gestión de los productos recuperados, difieren según el producto de que se trate, los mercados de destino, los canales de distribución existentes, etcétera. Así pues, se hace imposible establecer un único sistema a través del cual modelizar la función inversa de la logística. La diversidad es tal, que puede hablarse de un sistema diferente para cada empresa en cuestión, por lo que se suele decir que el diseño de la función logística se realiza a medida. (Rubio, 2003).

En la investigación de Rubio Lacoba, se clasifica al sistema de logística inversa de acuerdo a la opción de gestión de residuos utilizada (reciclaje, refabricación, reutilización).

En este estudio se adoptará el de reciclaje para el desperdicio generado y el de reutilización para la recuperación del empaque. Las características de estos sistemas son:

- Redes para el reciclaje. Suelen ser estructuras simples, con pocos eslabones y centralizadas que se caracterizan por requerir, para una gestión eficiente de la misma, un elevado volumen de inputs (productos recuperados) generalmente de escaso valor unitario.

Los altos costes de transformación determinan la necesidad de altas tasas de utilización de estas redes y la búsqueda de economías de escala.

- Redes de productos reutilizables. En estos sistemas los productos recuperados se reintroducen en la cadena de suministro una vez realizadas las necesarias operaciones de limpieza y mantenimiento. Suelen ser estructuras descentralizadas por las que circulan simultáneamente productos originales y reutilizados y en las que el coste de transporte aparece como el más significativo. (Rubio, 2003).

Uno de los principales puntos de atención a la hora de analizar el impacto del flujo de retorno de los productos fuera de uso sobre el sistema operativo de la empresa, es la gestión de inventarios. Para ello, Rubio utiliza un modelo de gestión de *stocks* que aplica a diferentes escenarios, a través de un proceso de simulación, y en el que analiza el efecto de considerar diferentes opciones de recuperación económica de los productos fuera de uso. De estos escenarios, los que se aplican al presente estudio son:

- Modelo *forward*. En este escenario no se plantea la posibilidad de recuperar los productos fuera de uso y reincorporarlos a la cadena de suministro.
- Modelo reutilización. Este escenario se caracteriza por la recuperación de los productos fuera de uso para, después de unas mínimas tareas de limpieza y mantenimiento, quedar en condiciones de satisfacer las necesidades del consumidor. (Rubio, 2003).

Para medir el impacto ambiental del desperdicio (como reciclaje) y la recuperación se utilizará como herramienta la medición de huella de carbono y determinar la opción que represente un menor valor.

#### **8.4. Huella ecológica de carbono**

La huella ecológica es una importante herramienta para establecer, tanto el impacto de las actividades humanas sobre el ecosistema, como las medidas correctoras para paliar dichos impactos.

##### **8.4.1. Definición**

La huella de carbono cuantifica la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad. A través del ejercicio de cálculo de la huella de carbono se identifican todas las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero y es posible definir mejores objetivos y establecer medidas de reducción de energía más efectivas, como consecuencia de un mejor conocimiento de los puntos críticos.

Actualmente se encuentran dos tipos de enfoques metodológicos básicos para el cálculo de la huella de carbono: el primero de ellos centrado en la empresa y el segundo en el producto.

El cálculo de la huella de carbono de la empresa, consiste básicamente en recopilar los datos referentes a los consumos directos e indirectos de materiales y energía de una organización y traducirlos en emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes con el fin de contar con un inventario de emisiones lo más completo posible. (Jiménez, 2011).

#### **8.4.2. Huella de carbono de producto**

El término huella del carbono de un producto se refiere a las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo de su ciclo de vida, considerando la producción de materias primas (o la provisión de servicios), la distribución, el uso del consumidor final y la eliminación o reciclaje. Incluye las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), con otras familias de gases que incluyen hidrofluorocarbonos (HFCs) y perfluorocarbonos (PFCs)

Las metodologías más utilizadas para el cálculo de la huella de productos están basadas en los análisis de ciclo de vida (ACV), siendo una de las más utilizadas la PAS 2050. Consiste básicamente en recopilar toda la información sobre los consumos de materia y energía en cada una de las etapas por las que va pasando una determinada mercancía o producto (extracción, fabricación, transformación, transporte, almacenamiento, uso, etcétera.) y convertirla a emisiones de CO<sub>2</sub>. (Jiménez, 2011).

#### **8.5. Guía PAS 2050**

Esta norma pertenece a la familia de las especificaciones públicamente disponible, llamadas PAS por sus siglas en inglés, son elaboradas por el British Standards Institution (BSI), el cual es una institución multinacional cuyo fin se basa en la creación de normas para la estandarización de procesos. Fue creada en 2007, basada en el análisis de ciclo de vida para calcular la huella de carbono de productos. (Jiménez, 2011).

Las principales tareas y cálculos para obtener la huella de carbono de producto de acuerdo a la Norma PAS 2050 se resumen a continuación.

### 8.5.1. Identificación de la cadena de suministradores, producto y unidad funcional

El ciclo de vida incluye las emisiones derivadas de: la obtención, transformación, distribución de las materias primas; las actividades necesarias para convertir las materias primas en el producto terminado, el reciclaje o eliminación del producto; el almacenaje y transporte entre cada fase del proceso; la distribución del producto; el uso que el consumidor final haga del producto.

Es necesario, en primer lugar, determinar el producto a estudiar e identificar su unidad funcional así como todas las empresas que conforman la cadena de suministradores vinculada con el ciclo de vida elegido.

La cadena de suministradores que participa en la elaboración y distribución de un producto es, realmente una red, donde participan muchas empresas relacionadas a partir de la adquisición de bienes y servicios.

Figura 2. Cadena lineal de proveedores



Fuente: Jiménez, Luis. Enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono.

### **8.5.2. Elaboración de mapas de procesos**

El siguiente paso consiste en analizar todos aquellos procesos de las empresas participantes en los que se generan emisiones de gases de efecto invernadero. Para realizar esta tarea se necesita la elaboración de mapas de procesos. El mapa de procesos es un gráfico que, en este caso, persigue la identificación de todas las actividades que generan emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo las relaciones entre ellas. Se trata de una herramienta imprescindible para obtener resultados sólidos, pues sólo si se identifican y se muestran de modo simple y claro cada uno de los *inputs* y *outputs* participantes en la generación de emisiones se podrá realizar un cálculo preciso de la huella de carbono.

Los mapas elaborados deben abarcar el ciclo de vida completo del producto, visualizando las diferentes relaciones entre cada una de las fases. Si se obvia alguna actividad relevante durante el ciclo de vida, la huella de carbono estará infravalorada, independientemente de la precisión de los cálculos efectuados posteriormente.

### **8.5.3. Recopilación de datos**

Una vez elaborados los mapas de procesos, se debe proceder a recoger información que permita estimar las emisiones generadas en los diferentes procesos y actividades identificados en el mapa.

Los datos necesarios son la cantidad exacta o en su defecto la estimación de la cantidad de materiales y energía implicados en cada uno de los procesos que recoge el mapa de procesos, desde la fase de materia prima a la de eliminación y reciclaje.

Una vez que se dispone de estos datos, se aplican factores de emisión que permiten transformar los datos de actividad en emisiones de gases de efecto invernadero.

Es recomendable emplear datos primarios para todo el ciclo de vida estudiado, debiendo diseñar procesos de cálculo para cada actividad del mapa de procesos. Se trata de una tarea laboriosa, sin que a veces esté disponible la información necesaria. En ese caso, se debe recurrir a datos secundarios.

Figura 3. **Ciclo de vida del producto**



Fuente: Jiménez, Luis. Enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono.

Los datos secundarios se obtienen de fuentes externas relativas a actividades, procesos y productos similares a los que intervienen en el ciclo de vida estudiado. Se trata de buscar bibliografía rigurosa que ofrezca la información necesaria, artículos publicados en revistas científicas con un proceso de selección estricto, informes sectoriales, estadísticas gubernamentales y bases de datos contrastadas son algunas de las fuentes de información secundarias recomendadas.

#### 8.5.4. Cálculo de la huella de carbono

La huella de carbono se calcula multiplicando los datos de actividad por un factor de emisión unitario, que recoge las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por dato de actividad unitario.

Huella de Carbono = Datos de actividad (unidades de masa, volumen, Kwh, km) x factor de emisión (CO<sub>2</sub> equivalente por unidad de actividad)

Este tipo de factores de emisión provienen de diferentes fuentes, incluyendo el IPCC y diferentes bases de datos que se consideran contrastadas.

Cálculo de emisiones:

- Convertir los datos primarios y secundarios en emisiones de gases de efecto invernadero.
- Transformar las emisiones de gases de efecto invernadero a emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente.
- Deducir el carbono almacenado asociado al producto.
- Expresar los datos por unidad funcional de producto.
- Contabilizar contribuciones menores (de materias primas o actividades) excluidas datos.



## 9. HIPÓTESIS

### Hipótesis general

- El impacto de la huella ecológica de carbono de los residuos generados por el empaque de las devoluciones se considera alto.

### Hipótesis específica

- La huella ecológica de carbono generada por el reciclaje del empaque de devoluciones, es mayor a la huella ecológica de carbono generada por la recuperación.



## 10. VARIABLES

Las variables que intervienen en el análisis y cálculo de la huella ecológica de carbono, son las que comprenden los límites del sistema dentro del ciclo de vida del envase de PET, tales como:

- Materias primas
- Energía
- Bienes de equipo (emisiones excluidas)
- Fabricación y servicio
- Operación de las instalaciones
- Transporte
- Almacenamiento
- Fase de uso
- Disposición final del producto



## 11. METODOLOGÍA

El objetivo del presente estudio del tipo descriptivo, es determinar el mejor proceso final para el material de empaque de las devoluciones, que represente el menor impacto ambiental, se analizará por separado la huella de carbono de los dos procesos que están sujetos al estudio: recuperación y reciclaje.

Las metodologías más utilizadas para el cálculo de la huella de productos están basadas en los Análisis de Ciclo de Vida (ACV), siendo una de las más utilizadas la PAS 2050. Consisten básicamente en recopilar toda la información sobre los consumos de materia y energía en cada una de las etapas por las que va pasando una determinada mercancía o producto (extracción, fabricación, transformación, transporte, almacenamiento, uso, etc.) y convertirla a emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para calcular el valor de la huella de carbono en esta investigación se hará uso de la metodología PAS 2050. La metodología PAS 2050 posee una guía explicativa para evaluar las mediciones de gases de efecto invernadero, la cual se estructura en tres secciones: comienzo e implementación de la guía, cálculo de la huella de carbono y validación de los resultados.

Tabla I. **Procedimiento para metodología PAS 2050**

|  |   |
|--|---|
| <p>Comienzo e implementación de la guía, proceso de recuperación</p> | <p>La guía recomienda incluir a los proveedores que aportan materias primas o insumos para la elaboración del producto. En este caso de estudio, el proceso es interno y abarca a la misma empresa como proveedor desde el momento que recibe los productos de devolución.</p>  |
| <p>Cálculo de la huella de carbono</p>                               | <p>Implementación de 5 pasos básicos de la guía PAS 2050 para el cálculo de la huella de carbono.</p>   |
| <p>Elaboración de mapa de proceso.</p>                               | <p>Identificar todos los aspectos generales sobre el ciclo de vida del producto. Las actividades relacionadas con el proceso de recuperación, comprenden: recepción de producto de devoluciones, tratamiento y destino final.</p>   |
| <p>Comprobaciones de límites y prioridades.</p>                      | <p>Identificar las fuentes directas (propias de la empresa) o indirectas (consecuencia de la actividad) de emisiones de gases de efecto invernadero que posea la empresa.</p> <p>La evaluación contiene las emisiones relativas a procesos, entradas y salidas a lo largo del ciclo de vida, incluyendo: uso de energía, procesos de combustión, reacciones químicas, pérdidas de refrigerantes y otros gases fugitivos, operaciones, servicios de aprovisionamiento y envío, cambio del uso del suelo, procesos agrícolas, residuos.</p> |

Continuación de la tabla I.

|  |  |
|--|--|
| Recopilación de datos                                      | Recopilar datos sobre las cantidades de materiales y factores de las emisiones en toda la etapa del ciclo de vida del paso 2.1, de acuerdo a la guía PAS 2050.   |
| Cálculo  | Se calcula la huella de carbono del producto, al sumar todas las emisiones de las actividades por su factor de emisión.  |
| Evaluación de la incertidumbre                             | Evaluar la precisión del análisis de la huella de carbono. Este paso es opcional dentro de la guía.  |
| Validación de los resultados                               | Validar los resultados obtenidos, reducir las emisiones y la comunicación de los resultados obtenidos en dicha medición.<br><br>En este trabajo de investigación se presentarán recomendaciones para reducir las emisiones.  |
| Comienzo e implementación de la guía, proceso de reciclaje | Luego de obtener los resultados de la huella de carbono para el proceso de recuperación, se llevan a cabo los pasos 1-3 nuevamente tomando el proceso de reciclaje.  |
| Comparación de resultados                                  | Este último paso ya no corresponde a la guía PAS 2050.<br><br>Como parte de la investigación, se compararán los resultados obtenidos de la huella de carbono entre el método de recuperación y el método de reciclaje para determinar el método que represente el menor impacto ambiental. |

### **11.1. Población y muestra**

La población a ser estudiada en la presente investigación incluye al material de empaque de Tereftalato de Polietileno (PET) proveniente de las devoluciones en una empresa de alimentos.

Se analizará la huella de carbono que genera el reciclaje de un envase PET y la huella de carbono de su reutilización, del material de empaque proveniente de las devoluciones en una empresa de alimentos.



## 12. CRONOGRAMA

Figura 4. Cronograma de actividades 2012

|   | 2012  |         |       |       |      |       |       |        |            |         |           |           |
|---|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
|   | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
| Anteproyecto de investigación: título, objetivos, planteamiento del problema, antecedentes,   | ■     | ■       | ■     |       |      |       |       |        |            |         |           |           |
| Seguimiento de investigación: referencias bibliográficas, metodologías, datos y fuentes de información.                             |       |         |       | ■     | ■    | ■     |       |        |            |         |           |           |
| Protocolo de investigación: diseño metodológico, marco teórico, población y muestra, procedimientos, análisis estadístico propuesto |       |         |       |       |      |       | ■     | ■      | ■          |         |           |           |
| Seguimiento y aprobación de protocolo de investigación: revisión de protocolo, corrección, y aprobación.                            |       |         |       |       |      |       |       |        |            | ■       | ■         | ■         |

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Cronograma de actividades 2013**

|  | 2013  |         |       |       |      |       |
|--|-------|---------|-------|-------|------|-------|
|  | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio |
| Presentación protocolo de investigación:<br>aprobación de escuela de postgrado de<br>protocolo de investigación. |       |         |       |       |      |       |
| Resultados:<br>implementación de metodología,<br>recopilación de datos, análisis de<br>resultados, conclusiones. |       |         |       |       |      |       |
| Seguimiento y aprobación de tesis de<br>investigación:<br>revisión de tesis, corrección y<br>aprobación.         |       |         |       |       |      |       |

Fuente: elaboración propia.

### 13. PRESUPUESTO

- Recursos humanos:

|                           |             |
|---------------------------|-------------|
| Investigador – maestrante | Q. 00,00    |
| Asesor de tesis           | Q. 2 500,00 |
| TOTAL                     | Q. 2 500,00 |

- Recursos físicos o materiales:

|  |             |
|--|-------------|
| Energía eléctrica para equipo de cómputo       | Q. 1 800,00 |
| Servicios de comunicación (teléfono, internet) | Q. 2 500,00 |
| Insumos de librería                            | Q. 600,00   |
| Viáticos (visitas, consultas, revisiones)      | Q3 000,00   |
| TOTAL  | Q. 7 900,00 |



## 14. BIBLIOGRAFÍA

1. Coelho, Tatiene Martins, Castro, R., Gobbo Jr., J.A. (2010). PET containers in Brazil: Opportunities and challenges of a logistics model for post-consumer waste recycling. Universidad Estadual Paulista.
2. Cohn, Malcolm. (2005) Película con Técnicas de Compostaje. Industria Alimenticia.
3. Cure Vellojín, L., Meza González, J. C. & Amaya Mier, R. (2006). Logística Inversa: Una Herramienta de Apoyo a la Competitividad de las Organizaciones. Ingeniería & Desarrollo. Número 20.
4. Doménech Q. Juan L. Guía Metodológica para el Cálculo de la Huella Ecológica Corporativa. Centro Argentino de Estudios Internacionales.
5. Gómez Montoya, R. A. (2010). Logística Inversa un Proceso de Impacto Ambiental y Productividad. Producción Más Limpia. Vol. 5, No. 2.
6. González Torre, Beatriz Almudena. (2005) Modelo para la Determinación de la Estrategia de Fin de Vida de los Productos dentro del Enfoque del Diseño para el Medio Ambiente. Universidad de Oviedo.
7. Hevia Lanier, Francis, Urquiaga, Ana Julia. (2007). Recuperación y Reciclaje de Residuos. Logística Reversa y sus Estrategias como Complemento de su Aplicación. Centro: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría.

8. Huella de Carbono. Ministerio de Energía. Gobierno de Chile. Disponible en Web: <[http://huelladecarbono.minenergia.cl/calculo\\_huella.html](http://huelladecarbono.minenergia.cl/calculo_huella.html)>.
9. Huella de Carbono-Huella Ecológica Corporativa. (Metodología MC3). Disponible en Web: <<http://www.jdomenech.com/bioamb/huellaeco.htm>>.
10. Informe Técnico No. 4. (2003) Generación y Manejo de Desechos Sólidos en Guatemala. Instituto de Incidencia Ambiental, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
11. Jiménez Herrero, Luis M., (2011) Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono. Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE)
12. Lezama, Héctor Rosas. (2009) Logística Inversa: Una alternativa para la Gestión de Productos Fuera de Uso (PFU). Revista Internacional La Nueva Gestión Organizacional, Año 5, No. 9. Disponible en Web: <[http://dgsa.uaeh.edu.mx/revista/icea/IMG/pdf/1\\_-\\_No.\\_9.pdf](http://dgsa.uaeh.edu.mx/revista/icea/IMG/pdf/1_-_No._9.pdf)>.
13. López Parada, J. (2010) Incorporación de la Logística Inversa en la Cadena de Suministros y su Influencia en la Estructura Organizativa de las Empresas. Universidad de Barcelona.
14. Mihi Ramírez, A., Arias Aranda, D., & García Morales, V. J. (2011). La Gestión de la Logística Inversa en las Empresas Españolas: Hacia las Prácticas de Excelencia. Universia Business Review. Primer trimestre 2012. ISSN: 1698-5117.

15. Muñoz López, María del Mar. Muñoz, Muñoz, Deyanira. (2007) Producción Más Limpia en la Formulación de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos en una Planta Procesadora del Sector Lácteo. Universidad del Cauca.
16. Patel, Martin. Von Thienen, Norbert, Jochem, Eberhard, Worrel, Ernst. (1999) Recycling of Plastics in Germany. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI)
17. PUBLICLY AVAILABLE SPECIFICATION (PAS 2050), 2008. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emission of goods and services. British Standards Institution Group Shop. Disponible en Web: <<http://shop.bsigroup.com/en/Browse-by-Sector/Energy--Utilities/PAS-2050/>>.
18. Reverse Logistics Executive Council. Disponible en Web: <<http://www.rlec.org/index.html>>.
19. Rubio Lacoba, S. (2003). El Sistema de Logística Inversa en la Empresa: Análisis y Aplicaciones. Universidad de Extremadura.
20. Rubio Lacoba, Sergio, Miranda González, Francisco, Chamorro Mera, Antonio, Valero Amaro, Victor. (2007). Desarrollo de un Sistema de Logística Inversa en el Grupo Industrial Alfonso Gallardo. Universia Business Review.
21. Soto Zuluaga, Juan Pablo. (2006) Reverse Logistics: Models and Applications. Universitat Pompeu Fabra.

