



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE
MÉXICO

00568

1

FACULTAD DE QUÍMICA

TESIS

**Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida de Producto
para Abatir y Prevenir la Contaminación Industrial
Caso: Polietilén Tereftalato**

Presenta:

Ing. María Teresa Flores Dueñas

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN INGENIERÍA QUÍMICA
(PROYECTOS)**

Asesor de Tesis:

M. en C. Roberto Del Río Soto





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

	PÁGINA
GENERALIDADES.	4
HIPÓTESIS.	5
OBJETIVO.	5
INTRODUCCIÓN.	5
1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE PRODUCTO.	
1.1. CONCEPTOS BÁSICOS.	7
1.2. EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.	9
1.3. COMPONENTES FUNDAMENTALES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.	10
1.3.1. INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA.	11
1.3.1.1. LA NORMA ISO 14000.	11
1.3.2. INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA.	16
1.3.3. MEJORAMIENTO DEL CICLO DE VIDA.	17
1.4. DISEÑO PARA EL AMBIENTE.	18
1.4.1. LA RELACIÓN ENTRE DISEÑO PARA EL AMBIENTE Y DISEÑO PARA LA MANUFACTURA.	20
1.4.2. EVALUACIÓN DE DISEÑO PARA EL AMBIENTE.	20
2. TECNOLOGÍAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN.	
2.1. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.	22
2.2. TECNOLOGÍAS PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN.	25
2.3. POLÍTICAS Y PROGRAMAS.	26
2.4. TIPOS DE DESPERDICIOS Y TRATAMIENTO.	28
2.5. MANEJO DE DESPERDICIOS SÓLIDOS.	31
2.5.1. TÉCNICAS PARA RECICLADO.	32
2.5.2. DIGESTIÓN ANAEROBIA.	35
2.5.3. COMPOSTA.	36
2.5.4. INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR.	36
2.5.5. CONFINAMIENTO. RELLENO, CON GENERACIÓN DE ENERGÍA.	37

*Para lograr todo lo que es posible,
debemos intentar lo imposible*

*Para lograr ser los mejores,
debemos soñar con ser más.*

** Gracias a todas y cada una de las personas que me brindaron su
apoyo y me alentaron para llegar a este nuevo peldaño. **

Mi agradecimiento al Instituto Mexicano del Petróleo

*A los ingenieros
Alejandro Villalobos Hiriart ,
Ernesto Alfaro Pastor ,
Gladis Zerquera B. y
al Doctor
Manuel Amaya Malpica*

*Mi más respetuoso sentimiento de reconocimiento...
a mi asesor
M. en C. Roberto Del Río Poto*

A mi amiga secreta quién me dá la fuerza y el amor para seguir adelante.

A tí papi, porque me enseñaste el sentido de perfección y lucha.

A tí hijito, porque eres quién te dá sentido a mi vida.

*Al más grande amigo que alivia y conforta en cualquier momento,
gracias por todos los regalos que me has dado.*

GENERALIDADES

La industria sólo se había preocupado por la elaboración de satisfactores sin atender qué mejoras deberían implementarse para el ahorro de energía, reducción de descargas y residuos al ambiente, ni tampoco por los desperdicios obtenidos una vez utilizado el producto, pero al ver el grado de deterioro del ambiente surge la metodología "Análisis de Ciclo de Vida".

Esta metodología sirve para optimizar todos los recursos involucrados en la producción de un bien, mediante la atención especial de las distintas etapas.

Por otra parte, la ingeniería de proyecto con enfoque de sustentabilidad es indispensable para el desarrollo de nuevos proyectos.

El aspecto ambiental constituye en la actualidad una inquietud en la población, industria y gobierno, lo que ha llevado a cambios en la legislación y vigilancia que implica riesgos económicos y legales. Es por ello que hoy en día, es de suma importancia que las empresas cuenten con estándares de calidad, sistemas de administración ambiental y una correcta seguridad e higiene industrial que repercuta en una producción limpia y segura, generando ahorros significativos en energía, recursos naturales e insumos intermedios.

Anteriormente la tendencia de mejoramiento del ambiente consistía en la implementación de sistemas de limpieza y tratamiento de efluentes al "final del tubo". Estas emisiones se pudieron disminuir o evitar si se hubiera empleado un diseño del proceso eficiente, atendiendo a la fuente o generación de contaminantes dentro del proceso.

La ingeniería de proyecto tiene como finalidad el diseño, procura y arranque de las instalaciones que servirán para la obtención de un producto. Es muy importante que este diseño considere la elaboración de productos que satisfagan los requerimientos de los consumidores, atendiendo todas las variables de tipo económico, social y ambiental, es decir, desarrollando plantas que sean amigables con el ambiente y que los desechos de los productos consumidos puedan ser reutilizados para evitar contaminación, traduciéndose en salud y calidad de vida para la sociedad en su conjunto.

Las publicaciones y programas actuales, apoyan a las comunidades informando sobre las mejores prácticas, tecnologías innovativas, programas y políticas, así como tendencias sociales e industriales.

Las soluciones que ofrece el "Análisis del Ciclo de Vida" harán plantas más eficientes y menos nocivas para el medio ambiente en general.

HIPÓTESIS

El Análisis de Ciclo de Vida es una metodología aplicable a la producción de una vasta gama de productos, cuya finalidad sea obtenerlos en plantas de procesamiento más eficientes para disminuir la contaminación ambiental.

OBJETIVO

Identificar las etapas que constituyen el Análisis de Ciclo de Vida de producto apoyándose en la normatividad internacional, para aplicar la metodología dentro de todas las etapas de ingeniería de proyecto y el desarrollo de nuevos productos, abatiendo la contaminación ambiental.

INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 1, "Análisis de Ciclo de Vida de Producto", se explica el significado y etapas que constituyen a la metodología denominada Análisis de Ciclo de Vida (LCA, Life Cycle Analysis). Esta valiosa metodología utilizada como herramienta tiene como objetivo el diseño de nuevos productos para satisfacer a los clientes cuidando que se disminuya y/o evite el deterioro del ambiente durante todas y cada una de las etapas involucradas en el ciclo de producción; es decir, desde la extracción de materias primas que lo componen hasta su disposición final; es por eso que se emplea el término "de la Cuna a la Tumba". El Análisis de Ciclo de Vida se logra mediante un análisis exhaustivo de las corrientes de entrada y salida, en cada etapa del ciclo de vida mediante la optimización en el uso de energía y materiales, el estudio integral de los residuos y reducción de efluentes. Cuando se diseña bajo la mentalidad de no dañar ni agotar los recursos no renovables del planeta para que las futuras generaciones puedan desarrollarse, a eso se le conoce como "Desarrollo Sustentable". Se listan las normas internacionales de la ISO 14000 vigentes referentes al Análisis de Ciclo de Vida, ACV. En este capítulo también se define la relación ente Diseño para Manufactura (DFM, Design For Manufacturing) y Diseñar para el Ambiente (DfE, Design for Environment).

En el Capítulo 2, "Tecnología para Prevenir la Contaminación" se revisa la estrategia de las 3R's, Reducir-Reusar-Reciclar materiales, debido a que el Análisis de Ciclo de Vida, considera el análisis integral de las corrientes de entrada y salida involucradas en la obtención de un producto, atendiendo la minimización de desperdicios, y una manera de prevención de la contaminación (P2, Pollution Prevention) es reducir los desperdicios desde la fuente u origen, es decir, antes de ser generados. El

HIPÓTESIS

El Análisis de Ciclo de Vida es una metodología aplicable a la producción de una vasta gama de productos, cuya finalidad sea obtenerlos en plantas de procesamiento más eficientes para disminuir la contaminación ambiental.

OBJETIVO

Identificar las etapas que constituyen el Análisis de Ciclo de Vida de producto apoyándose en la normatividad internacional, para aplicar la metodología dentro de todas las etapas de ingeniería de proyecto y el desarrollo de nuevos productos, abatiendo la contaminación ambiental.

INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 1, "Análisis de Ciclo de Vida de Producto", se explica el significado y etapas que constituyen a la metodología denominada Análisis de Ciclo de Vida (LCA, Life Cycle Analysis). Esta valiosa metodología utilizada como herramienta tiene como objetivo el diseño de nuevos productos para satisfacer a los clientes cuidando que se disminuya y/o evite el deterioro del ambiente durante todas y cada una de las etapas involucradas en el ciclo de producción; es decir, desde la extracción de materias primas que lo componen hasta su disposición final; es por eso que se emplea el término "de la Cuna a la Tumba". El Análisis de Ciclo de Vida se logra mediante un análisis exhaustivo de las corrientes de entrada y salida, en cada etapa del ciclo de vida mediante la optimización en el uso de energía y materiales, el estudio integral de los residuos y reducción de efluentes. Cuando se diseña bajo la mentalidad de no dañar ni agotar los recursos no renovables del planeta para que las futuras generaciones puedan desarrollarse, a eso se le conoce como "Desarrollo Sustentable". Se listan las normas internacionales de la ISO 14000 vigentes referentes al Análisis de Ciclo de Vida, ACV. En este capítulo también se define la relación ente Diseño para Manufactura (DFM, Design For Manufacturing) y Diseñar para el Ambiente (DfE, Design for Environment).

En el Capítulo 2, "Tecnología para Prevenir la Contaminación" se revisa la estrategia de las 3R's, Reducir-Reusar-Reciclar materiales, debido a que el Análisis de Ciclo de Vida, considera el análisis integral de las corrientes de entrada y salida involucradas en la obtención de un producto, atendiendo la minimización de desperdicios, y una manera de prevención de la contaminación (P2, Pollution Prevention) es reducir los desperdicios desde la fuente u origen, es decir, antes de ser generados. El

HIPÓTESIS

El Análisis de Ciclo de Vida es una metodología aplicable a la producción de una vasta gama de productos, cuya finalidad sea obtenerlos en plantas de procesamiento más eficientes para disminuir la contaminación ambiental.

OBJETIVO

Identificar las etapas que constituyen el Análisis de Ciclo de Vida de producto apoyándose en la normatividad internacional, para aplicar la metodología dentro de todas las etapas de ingeniería de proyecto y el desarrollo de nuevos productos, abatiendo la contaminación ambiental.

INTRODUCCIÓN

En el Capítulo 1, "Análisis de Ciclo de Vida de Producto", se explica el significado y etapas que constituyen a la metodología denominada Análisis de Ciclo de Vida (LCA, Life Cycle Analysis). Esta valiosa metodología utilizada como herramienta tiene como objetivo el diseño de nuevos productos para satisfacer a los clientes cuidando que se disminuya y/o evite el deterioro del ambiente durante todas y cada una de las etapas involucradas en el ciclo de producción; es decir, desde la extracción de materias primas que lo componen hasta su disposición final; es por eso que se emplea el término "de la Cuna a la Tumba". El Análisis de Ciclo de Vida se logra mediante un análisis exhaustivo de las corrientes de entrada y salida, en cada etapa del ciclo de vida mediante la optimización en el uso de energía y materiales, el estudio integral de los residuos y reducción de efluentes. Cuando se diseña bajo la mentalidad de no dañar ni agotar los recursos no renovables del planeta para que las futuras generaciones puedan desarrollarse, a eso se le conoce como "Desarrollo Sustentable". Se listan las normas internacionales de la ISO 14000 vigentes referentes al Análisis de Ciclo de Vida, ACV. En este capítulo también se define la relación ente Diseño para Manufactura (DFM, Design For Manufacturing) y Diseñar para el Ambiente (DfE, Design for Environment).

En el Capítulo 2, "Tecnología para Prevenir la Contaminación" se revisa la estrategia de las 3R's, Reducir-Reusar-Reciclar materiales, debido a que el Análisis de Ciclo de Vida, considera el análisis integral de las corrientes de entrada y salida involucradas en la obtención de un producto, atendiendo la minimización de desperdicios, y una manera de prevención de la contaminación (P2, Pollution Prevention) es reducir los desperdicios desde la fuente u origen, es decir, antes de ser generados. El

reciclaje fortalece el beneficio de recuperación de materiales. Se describen algunas metodologías de tratamiento de residuos sólidos que evitan que lleguen a "tiraderos" sin control que es lo que provoca un gran deterioro al ambiente.

El Capítulo 3, "La Ingeniería de Proyecto en el Análisis de Ciclo de Vida", fundamenta que ningún proyecto podrá ser tangible sin la ejecución de la Ingeniería de Proyecto, por lo que existe una relación directa con el Análisis de Ciclo de Vida. Se explica un nuevo concepto llamado exergía que tiene como finalidad considerar para el diseño los tres aspectos: Energía-Economía-Ecología, denominados como las 3E's. Se describe la importancia de la ingeniería de proyecto, que abarca el diseño, procura, construcción y arranque de las instalaciones que servirán para la obtención de un producto, respetando el concepto de sustentabilidad. Al mismo tiempo se listan los documentos que se generan en cada etapa de la ingeniería de proyecto. Por último se menciona la importancia e interacción del administrador de proyectos durante la ejecución de un proyecto.

El Capítulo 4, "Ciclo de Vida del Polietilén Tereftalato (PET)", aporta la información referente a cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto verde o ecológico como es el PET; así como la justificación de su selección. Incluye la tabla de clasificación de las resinas que se maneja para el reciclaje eficiente, siendo una forma de ayudar a la prevención de contaminación. Se describen el origen de las materias primas para la fabricación de PET, los procesos más empleados para su obtención soportada con una lista de patentes que intentan el mejoramiento; se incluyen los usos que tiene gracias a la ingeniería y especialidad de materiales, y se explica con detalle los procesos de fabricación de envases y lámina que son las mayores aplicaciones de este magnífico material. Se soportan las ventajas en el uso como contenedor de bebidas ya que por la aplicación de reducción de materiales desde el origen que es el fundamento de la prevención de la contaminación explicado en el capítulo 2, se menciona el ahorro de material, disminución de peso muerto en transporte con su consecuente disminución de contaminantes a la atmósfera por emisiones. Se detallan los tipos de reciclado al que puede ser sometido para ser reutilizado y los productos que pueden ser fabricados con PET reciclado, colocándose como material muy noble y amigable al ambiente.

Este trabajo documental también incluye los cuestionarios de apoyo para la fase de inventario del Análisis de Ciclo de Vida, proporciona la Iniciativa de Ley de Envases y Embalajes, a cargo del Grupo Parlamentario del Partido Verde Ecologista de México.

CAPÍTULO 1

ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE PRODUCTO.

En este capítulo se describe al Análisis de Ciclo de Vida ACV, como una invaluable metodología necesaria para la creación o mejoramiento de productos que sean amigables con el ambiente, su función es evaluar sistemáticamente el impacto ambiental total de un proceso particular, con los materiales y productos desde su nacimiento hasta su disposición final conocido como desde la "cuna hasta la tumba". Incluye su surgimiento y evolución, las etapas que lo constituyen y la normatividad internacional que la rige.

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

El Análisis del Ciclo de Vida ACV, (LCA, Life Cycle Analysis), es una metodología objetiva diseñada para evaluar sistemáticamente el impacto ambiental total de un proceso particular, con los materiales y productos desde su nacimiento hasta su disposición final conocido como desde la "cuna hasta la tumba" (1) (2).

El análisis del ciclo de vida no es un término nuevo; no obstante, el interés ha aumentado repentinamente en los últimos años, la metodología aún está siendo refinada y fortalecida, en este momento es uno de los métodos existentes usados para auxiliar en la administración ambiental, pero representa un recurso importante para las compañías a fin de identificar cualquier tipo de impacto ambiental adverso a sus operaciones y productos.

Durante las dos últimas décadas, ha aumentado la preocupación de que el consumo de productos manufacturados tiene un efecto en los recursos y el ambiente.

Los efectos ambientales ocurren en cada etapa del "Ciclo de Vida" de un producto. Empiezan con la extracción de las materias primas obtenidas de la Tierra y continúan con los diferentes procesos de manufactura, fabricación y transportación incluyendo el consumo, recuperación para reusarse o reciclarse y por último la disposición final.

El nombre "Análisis de Ciclo de Vida" ahora tiene una amplia aceptación así como el término Análisis de la Cuna a la Tumba, Eco-perfil, Eco-Balance y Análisis de Impacto Ambiental que también son empleados.

El resultado de un Análisis de Ciclo de Vida es un inventario de los recursos consumidos obtenidos de la Tierra (energía y materias primas), así como los desperdicios generados que retornan a la Tierra como son las emisiones al aire o al agua y los desperdicios sólidos. Para convertir este inventario en algo más tangible se requiere además de la interpretación y evaluación, a esto se le conoce como Evaluación de Ciclo de Vida.

Como cualquier otro modelo científico, el ACV no proporcionará una representación completa y absoluta de todas las interacciones ambientales, sin embargo, esta nueva metodología ofrece a las compañías la aplicación de técnicas de inventario del ciclo de vida para recortar el consumo de recursos y la disminución de descargas ambientales asociadas con varios de sus procesos y productos, adicionalmente el ACV puede identificar los pasos clave del proceso más importantes, las áreas determinantes donde los procesos cambian quizá facilitados por la investigación y desarrollo. En síntesis se examinan las entradas y salidas del sistema, se evalúan los impactos y selecciona la mejor opción, ver Figura 1.1.

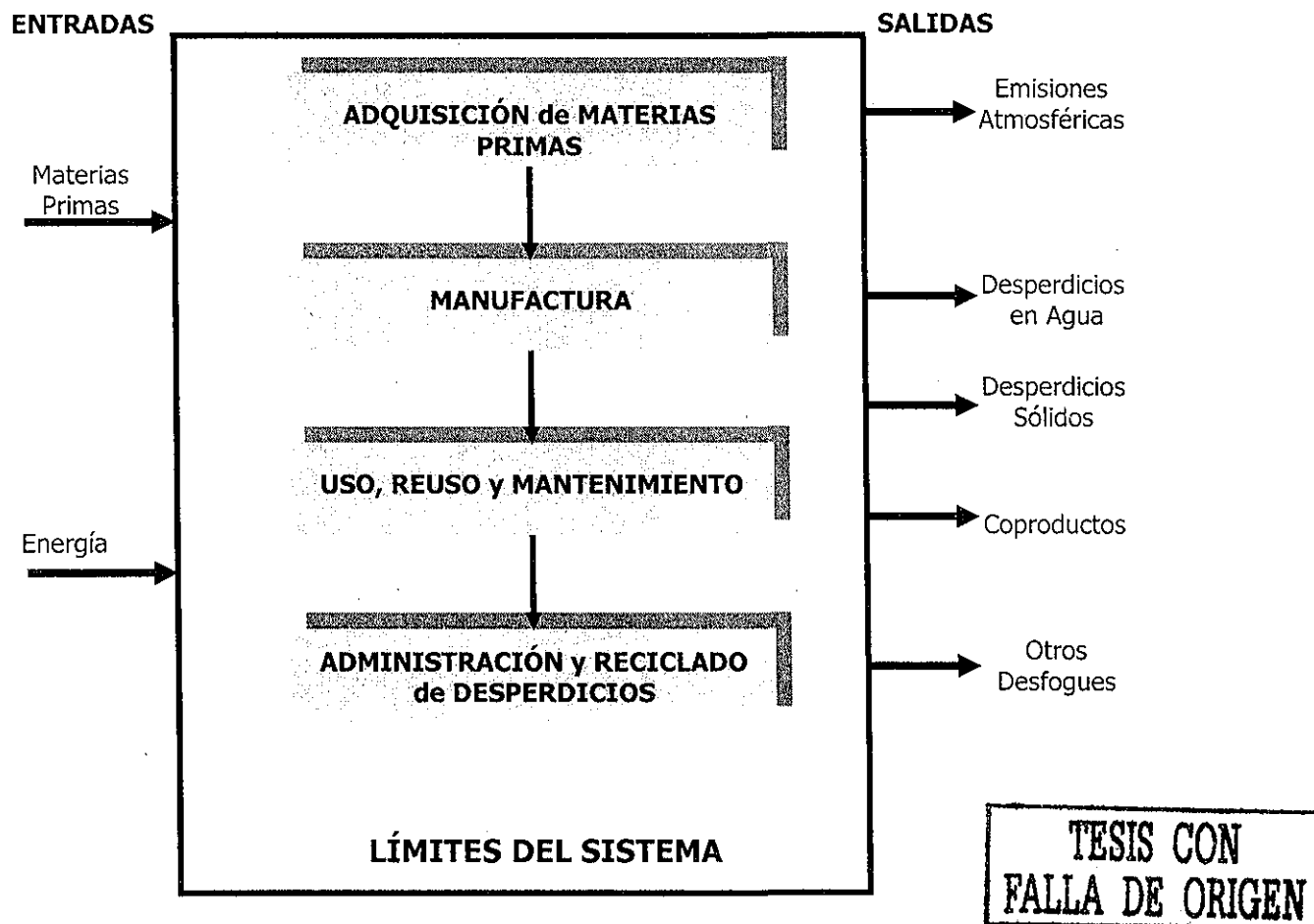


Figura 1.1 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO de un SISTEMA.

1.2 EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El concepto de Evaluación del Ciclo de Vida se originó a finales de los 60's cuando era claro que la única forma de examinar un sistema industrial era evaluar su funcionamiento, empezando con la extracción de materias primas de la Tierra siguiendo todas las operaciones hasta la disposición final de los desperdicios que regresan a la Tierra de la "cuna a la tumba".

Los dos puntos incluidos en ese tiempo eran:

1° Las operaciones individuales podían ser aparentemente más limpias y más eficientes, por el simple desplazamiento de la contaminación a un lugar distinto de donde se obtenían los beneficios, es decir se pensaba que si los sectores industriales quedaban fuera de las zonas residenciales, no se perjudicaba a la sociedad.

2° Los ingenieros concentraron sus esfuerzos para hacer más eficientes las operaciones unitarias; no obstante nadie estaba viendo la forma en la que estas operaciones unitarias fueran reunidas para una producción general y su uso secuencial. Algunas veces los arreglos en los edificios, podían hacer más eficiente al sistema y por eso lo hacían. No obstante el enfoque de estos ingenieros se centraba únicamente en la eficiencia de los equipos y operaciones que aumentarían de forma directa "cantidad" de producción, sin considerar al ambiente.

A principios de los 70's el ACV estaba concentrado principalmente en energía y materias primas pero después se incluyeron en los cálculos las emisiones al aire, al agua y los desperdicios sólidos.

En la conferencia de la Sociedad del Ambiente, Toxicología y Química de USA (SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry) de 1990 realizada en Vermont, el análisis del ciclo de vida se dividió en tres etapas principales, Figura 1.2.

1. – Inventario, que consiste en la recopilación de los datos que describen al sistema. Los datos se convierten a un formato para proporcionar una descripción de las características del sistema de interés.
2. – Interpretación, en el cual los datos provenientes del inventario están relacionadas para observar problemas ambientales.
3. – Mejoramiento, en el cual el sistema es modificado en alguna forma para reducir o mejorar los impactos ambientales observados.

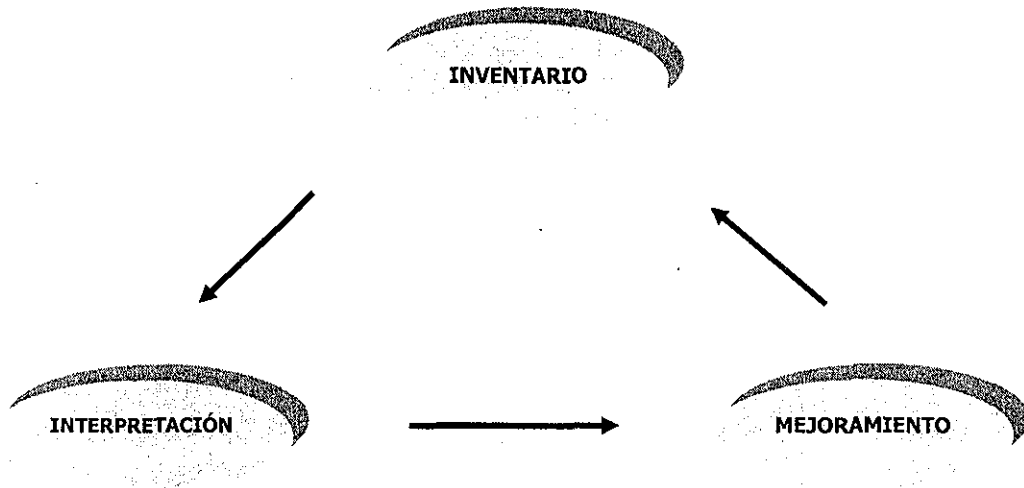
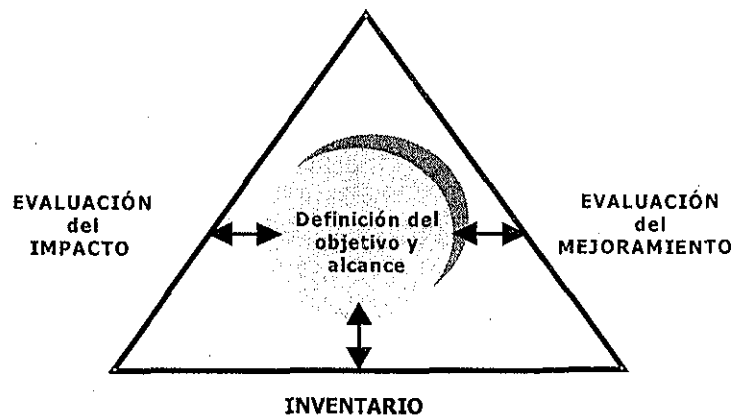


Figura 1.2 ETAPAS PRINCIPALES del ANÁLISIS de CICLO de VIDA.

1.3 COMPONENTES FUNDAMENTALES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Cada una de las palabras clave usadas en la descripción de esta metodología necesitan una cuidadosa definición o los resultados obtenidos pueden ser diferentes. El sistema debe ser definido de manera que el ciclo de vida completo esté incluido, o pueden ser descuidados los efectos importantes. Las etapas de la metodología del análisis del ciclo de vida son descritas a continuación. La definición y el alcance del objetivo se han incorporado en el método para permitir una idea clara del propósito y de los límites del sistema para el análisis, tal como se muestra en la Figura 1.3 ⁽³⁾.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1.3 COMPONENTES del ANÁLISIS de CICLO de VIDA.

Definición de Objetivos y Alcance.

En cualquier proyecto o tarea a realizar es indispensable tener la visión clara de lo que debe cubrir y cuales son los límites hasta donde deberá abarcar.

En este caso aunque la definición de objetivos y alcance no se consideraban parte del análisis de ciclo de vida es clara la necesidad de iniciar con la mayor precisión de conocer ampliamente la definición de objetivos y alcance.

1.3.1 INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA

En esta etapa se requiere de una gran cantidad de información ya que deberán analizarse todas las corrientes de entrada y salida al sistema de estudio; es decir las materias primas, desde su extracción y transporte así como de los impactos asociados a ellas; la energía utilizada en su extracción y transporte; los impactos asociados por los procesos intermedios de producción; los impactos asociados con la distribución al consumidor incluyendo empaque y transporte así como los impactos provocados por ellos; los impactos propios ocasionados por el uso del producto y los impactos asociados con la eliminación. Los procedimientos para desarrollar el inventario están muy bien definidos por la Sociedad para el Ambiente, Toxicología y Química (SETAC, Society of Environmental Toxicology and Chemistry) y la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, International Organization for Standardization), y en consecuencia la estandarización de la metodología facilita a cualquiera la realización del análisis⁽⁴⁾ ⁽⁵⁾.

1.3.1.1 LA NORMA ISO 14000

En junio de 1993 la ISO revisó las recomendaciones del Grupo Consultivo Estratégico para el Ambiente (SAGE, Strategic Advisory Group for Environment) y decidió formar un nuevo Comité Internacional Técnico ISO/TC 207 conformado por seis subcomités para atender lo referente a ciclo de vida⁽⁵⁾.

- SC 1 Sistemas de administración ambiental
- SC 2 Auditoría ambiental
- SC 3 Etiquetado ambiental
- SC 4 Evaluación del comportamiento ambiental
- SC 5 Análisis de ciclo de vida
- SC 6 Términos y definiciones

La última actualización de la Norma 14000 es la del 2 de marzo de 2001 e incluye lo que se lista en la Tabla 1.1.

NORMA	REFERENCIA Y/O APLICACIÓN
AS/NZS ISO 14000	Serie del estándar internacional para Sistemas de Administración Ambiental aplicables a cualquier tipo y tamaño de organización.
AS/NZS ISO 14001 (1996)	Sistemas de Administración Ambiental. Especificación con guía para uso.
AS/NZS ISO 14004 (1996)	Sistemas de Administración Ambiental. Guía general de técnicas en principios, sistemas y soporte.
AS/NZS ISO 14010 (1996)	Guía para auditoría ambiental. Principios generales.
AS/NZS ISO 14011 (1996)	Guía para auditoría ambiental. Procedimientos de auditoría. Auditorías de sistemas de administración ambiental.
AS/NZS ISO 14012 (1996)	Guía para auditoría ambiental. Criterios de calificación para auditores ambientales.
AS/NZS ISO 14012 (1999) Corrección	Guía para auditoría ambiental. Criterios de calificación para auditores ambientales.
ISO 14020 (2000)	Descripciones y declaraciones ambientales. Principios generales.
AS/NZS ISO 14021 (2000)	Reclamos ambientales autodeclarados (descripción ambiental Tipo II)
ISO/TR 14025 (2000)	Descripciones y declaraciones ambientales. (Declaraciones ambientales tipo III).
AS/NZS ISO 14031 (1999)	Administración Ambiental. Guía-evaluación de desarrollo ambiental.
ISO/TR 14032 (1999)	Administración Ambiental. Ejemplos de evaluación de desarrollo ambiental.
AS/NZS ISO 14040 (1998)	Administración Ambiental. Evaluación de ciclo de vida. Principios y estructura.
AS/NZS ISO 14041 (1998)	Administración Ambiental. Evaluación de ciclo de vida. Definición de objetivos y alcance y análisis de inventario.
ISO 14042 (2000)	Administración Ambiental. Evaluación de ciclo de vida. Evaluación del impacto del ciclo de vida.
ISO 14043 (2000)	Administración Ambiental. Evaluación de ciclo de vida. Interpretación de ciclo de vida.
ISO/TR 14049 (2000)	Administración Ambiental. Evaluación de ciclo de vida. Ejemplos de aplicación de ISO 14041 para la definición de objetivos y alcance y análisis de inventario.
AS ISO 14050 (1999)	Administración Ambiental. Vocabulario.
ISO/TR 14061 (1998)	Información para asistir en el uso de los estándares del sistema de administración ambiental ISO 14001 e ISO 14004 a organizaciones forestales.

TABLA 1.1 RESUMEN del CONTENIDO de la NORMA ISO 14000.

Las fases del análisis del ciclo de vida de producto, se describen en las normas 14041, 14042 y 14043⁽⁶⁾.

Existen reportes técnicos que están en desarrollo y servirán como ejemplo de aplicación de las normas. La ISO/WD TR 14047 integrará ejemplos de aplicación de la ISO 14042. La ISO/CD TR 14048 proporcionará los formatos para la documentación de información de la evaluación de ciclo de vida. La

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ISO TR 14049 incluirá ejemplos de aplicación referente a los objetivos, alcance e inventario del ciclo de vida incluidos en la ISO 14041⁽⁷⁾.

El objetivo de la evaluación del impacto del ciclo de vida, es evaluar los resultados obtenidos de ciclo de vida que apuntan hacia el mejoramiento del entendimiento enfocado a su significado potencial ambiental.

La norma describe la fase de inventario de una evaluación del ciclo de vida en estudio, entre los puntos más importantes se encuentran: los requerimientos de datos de calidad, los procedimientos de cálculo, la validación de datos y la interpretación y uso de los resultados del análisis de inventarios.

Contiene además ejemplos para la recolección de datos, una lista de verificación, para revisar los aspectos principales del análisis del ciclo de vida y finalmente ejemplos de los diferentes procedimientos de disposición final.

Para facilitar la obtención de información ordenada se han diseñado cuestionarios y software, un ejemplo de esto es el software Greenware ISO 14000 que consiste de un juego de hojas de trabajo que proporcionarán una guía detallada y específica para implementar, monitorear y/o mejorar los sistemas de administración ambiental en conjunto con los requerimientos de la ISO 14001.

La evaluación ambiental de productos debe tomar en cuenta atributos específicos que minimicen el impacto en nuestro ambiente así como el impacto que el producto crea a través de su ciclo de vida.

Existen varios cuestionarios que sirven para auxiliar en el análisis del ciclo de vida. Los puntos de la información que requieren ser colectados para la evaluación del ciclo de vida de un producto son descritos como sigue y no son más que las etapas señaladas en la Figura 1.4.

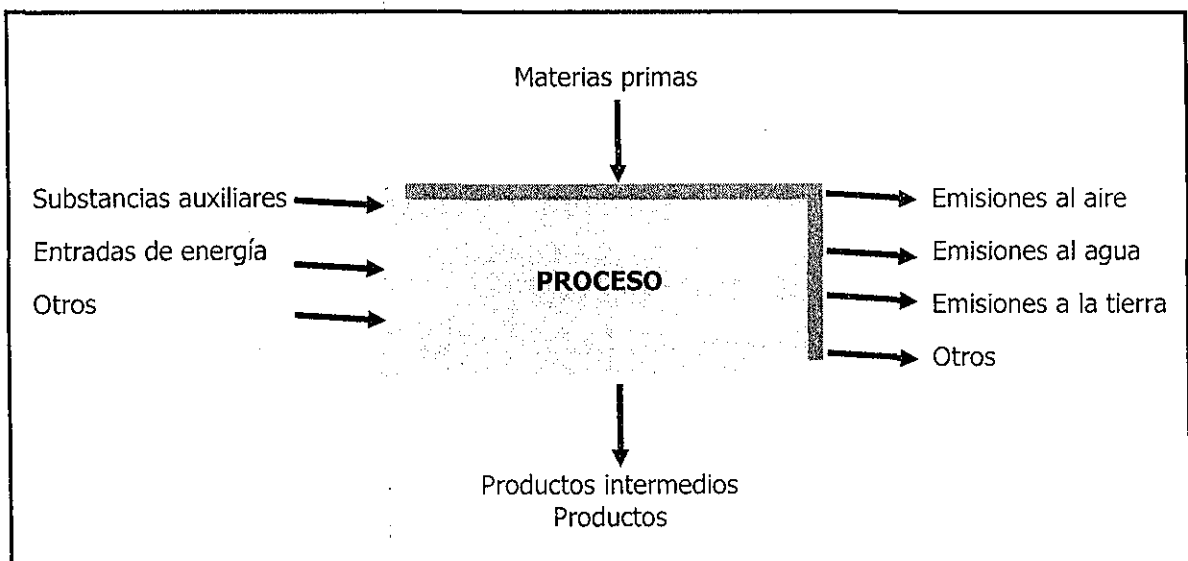


Figura 1.4 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO de los COMPONENTES de un PROCESO.

ISO 14041 DESCRIPCIÓN DE LOS TIPOS DE PRODUCTOS

La norma ISO 14041 referente a inventario de ciclo de vida (LCI, Life Cycle Inventory) proporciona en la Sección 6.4 una guía específica para los coproductos y destinos asignados, al mismo tiempo usa la terminología siguiente dependiendo de las características del producto, denominados los buenos, los malos y los feos. De la clara definición de los productos obtenidos dentro de los procesos en análisis, dependerán los resultados del análisis de ciclo de vida⁽⁸⁾.

Un producto exhibe características que le dan el estatus de producto legítimo. Sobre el rango de posibles productos se pueden obtener diferentes grados de productos dependiendo de su valor y disponibilidad. Los términos son propuestos y definidos para ayudar en las soluciones para los problemas específicos de los coproductos. Cada uno se refiere al tipo de salida desde un proceso unitario. Es importante reconocer que estas definiciones se centran en el concepto de valor económico y disponibilidad en el mercado.

Subproductos; es un nuevo término que es usado para distinguir una categoría especial del producto que no exhibe la totalidad de "derechos y responsabilidades" de un producto completo. La experiencia indica que esta clase de productos causa la mayor parte de los problemas en el análisis no sólo para el análisis de ciclo de vida (ACV) sino también en otras como son: el comercio de reciclables y el permiso de destinar desperdicios para procesos secundarios.

Los buenos: productos y coproductos; son las salidas que son vendibles y que resultaron dentro de la secuencia de producción, que están inmediatamente disponibles para el mercado o son flujos intermedios deseables proyectados y que son destinados para convertirse en salidas vendibles. "Coproducto" es simplemente el término usado para distinguir la presencia de múltiples productos dentro de un proceso. A menudo, habrá un co-producto primario que es aquel que se obtiene mayormente acompañado de cualquier número de co-productos de menor importancia. Algunas veces los co-productos no cruzan los límites del sistema, aún así deben ser analizados.

Los feos: subproductos; la industria y otras actividades producen una variedad de quasi-productos que no son planeados y probablemente no deseados pero son generados. El término subproductos representa a aquellas salidas que no pueden considerarse como co-productos pero tampoco son desperdicios y además existen usuarios. Lo que distingue a los subproductos de los coproductos es su valor económico. Es decir, el coproducto es potencialmente vendible directamente como una salida de la unidad de proceso mientras que el subproducto tiene un valor no benéfico desde el punto de vista de producción. Más que probablemente, el subproducto no tendrá valor para el productor. Mejor

dicho, comúnmente un subproducto solo se retira del sitio, o quizás se somete a otro proceso retirado del sitio para que adquiera algún valor económico. Dado que un subproducto tendrá menor valor, es posible que el operador de procesos primarios aplicará técnicas de administración y gastará más esfuerzos para optimizar los beneficios potenciales de ellos, pero deberá ser cuidadoso de no comprometer la producción de productos y coproductos.

Los malos: desperdicios; es la categoría final de las salidas que necesitan ser clarificadas. Comúnmente un desperdicio es algo que no tiene valor de ninguna clase. Sin embargo se puede argumentar que las actividades de administración de desperdicios en un proceso intermedio de flujos de desperdicios; son actividades con valor agregado debido a que el tratamiento de desperdicios tiene un beneficio social. Adicionalmente, los desperdicios pueden contener fracciones de materiales útiles o pueden existir oportunidades para convertirse en un nuevo producto. Al final de cuentas, los productores están buscando los métodos o procesos que reduzcan los costos de sus desperdicios, mediante la transformación por ejemplo de desperdicios en subproductos. La siguiente Tabla 1.2 muestra el resumen de las características de cada tipo de producto.

TIPO de PRODUCTO	ES un PRODUCTO	VALOR ECONÓMICO	DISPONIBILIDAD en el MERCADO
Producto	Sí	Alto	Inmediata
Coproducto	Sí	Positivo	Inmediata
Subproducto	Sí	Positivo marginal pero a menudo, valor inmediato negativo	No Inmediata
Desperdicio	No	Ninguno	No Inmediata

TABLA 1.2 CLASIFICACIÓN de PRODUCTOS de ACUERDO a la NORMA ISO 14000.

En el inventario de ciclo de vida los desperdicios pueden ser entendidos como la masa (el flujo de materiales) que es destinada para regresar al ambiente.

Los objetivos de la evaluación del ciclo de vida deben contener:

- Flujos de materia y energía de los procesos de manufactura.
- Transportación y entrega.
- Producción de calor, electricidad y combustible.
- Disposición de productos.
- Reuso y reciclado.
- Producción de sustancias auxiliares.
- Uso del suelo.
- Adquisición y mantenimiento de equipo de producción.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- Actividades de mantenimiento como alumbrado y calentamiento.

La calidad de la información obtenida deberá tener las siguientes características, que sea: precisa, completa, representativa, consistente y reproducible.

Finalmente los resultados de un inventario servirán para ser interpretados en función del juego de objetivos.

En el Anexo A se incluyen los cuestionarios que en la exposición ecológica GreenWorld 2001 se convoca a los participantes al llenado de los cuestionarios. Sus respuestas ayudarán a formar parte del programa impreso GreenWorld 2001. Indican que alguna información es difícil de obtener pero que es valiosa la su colaboración. En este anexo, también se incluyen las listas de verificación para la etapa de inventario del ciclo de vida.

1.3.2 INTERPRETACIÓN DEL CICLO DE VIDA

Esta este componente es el resultado del análisis de los resultados obtenidos del inventario y convierte las listas de inventario en partidas indicadoras del ambiente como son: Salud del Ecosistema, Salud Humana, Agotamiento de Recursos y Salud Social.

La interpretación incluye lo siguiente:

- Definición de unidades funcionales.
- Límites del sistema.
- Calidad y transparencia de la información.
- Principios de procesamiento de información, como la ubicación.

El reporte de un análisis de inventario consiste de las siguientes partes:

- Definición de objetivos
 - Razones para desarrollar el estudio
 - Para quienes usan o escuchan los resultados
- Descripción del sistema.
- Diagramas de flujo.
- Unidades funcionales.
- Información segmentada perteneciente al sistema.
- Límites con argumentos del sistema.
- Información de requerimientos de calidad.
- Resultados de los estudios críticos.
- Análisis de inventario.
 - Fuentes de información.

- Identificación de información general y específica.
 - Organización de la colecta de información.
 - Procesamiento de la información.
 - Tratamiento de los puntos donde se carece de información.
 - Reglas de disposición.
- Resultados.
 - Entradas y salidas por unidad funcional.
 - Entradas y salidas por segmentos del sistema.
 - Resultados de los análisis de sensibilidad.
 - Evaluación de la calidad de información.
 - Evaluación crítica de resultados.
 - Interpretación de resultados, aplicación de resultados y limitaciones.

Pueden ser comparados de forma alterna, sistemas más pequeños con entradas y salidas equivalentes. El analista o el que toma la decisión debe finalmente decidir qué es "lo mejor". Si hay mercado de impactos y cómo deben ser pesados.

La interpretación de la información depende en gran medida de los factores que serán usados en la toma de decisiones. Esto hace que no tenga sentido analizar con detalle el uso un sistema de energía, si los costos de financiamiento directo serán el criterio de decisión.

El ACV puede ser usado para rastrear el sistema de realización para una variedad de criterios incluyendo emisiones, uso de energía y costos monetarios, los cuales pueden tener distribuciones espaciales y temporales. Las decisiones reales son hechas a menudo usando criterios cerrados, porque la optimización de un parámetro es comúnmente para empeorar otro. La identificación de comercios es una función importante del ACV.

1.3.3 MEJORAMIENTO DEL CICLO DE VIDA

Esta etapa del análisis es la evaluación de las necesidades y oportunidades para reducir las cargas ambientales, acuerda las interacciones necesarias entre las etapas del ciclo de vida, ofrece alternativas como son:

- Diseño de productos para extender su vida.
- Sustitución de materiales.
- Mejoramiento de producción (eficiencia).
- Mejoramiento de la distribución y el empaque.

- Aumento de consumidores.
- Mejoramiento de las técnicas de administración de desperdicios sólidos.
- Diseño para el ambiente.

La Administración de Ciclo de Vida (LCM, Life Cycle Management) integra enfoques para administrar y tomar decisiones relacionadas con la minimización de cargas ambientales asociadas con un producto o servicio sobre su ciclo de vida, esto es un concepto orientado a que puede ser la mejor forma para estructurar el trabajo ambiental que las compañías ya están haciendo y hacen a su información y datos más útiles.

La gerencia de producto, puede ser utilizada para garantizar la competitividad y un desarrollo sustentable. Esto es la conjunción de mejoramiento ambiental con eficiencia económica y requerimientos tecnológicos.

La administración de ciclo de vida es un concepto que une las corrientes de entrada y salida y suministra las cadenas hacia la comprensión de la política ambiental orientada al producto.

La administración de ciclo de vida también es un análisis de ciclo de vida con un enfoque para identificar y compara los costos económicos relevantes debidos a las consideraciones ambientales asociadas con los productos o procesos de manufactura. La administración de ciclo de vida es relativamente una comparación de alternativas de productos o procesos.

1.4 DISEÑO PARA EL AMBIENTE

En el pasado, las compañías únicamente aplicaban medidas de seguridad para cumplir con las normas regulatorias o en otras palabras para estar fuera de problemas, ahora muchas han abandonado este enfoque pasivo y se dirigen hacia la protección ambiental. Muchas compañías líderes han establecido programas ambientales y políticas para administrar y controlar los efectos operacionales a los alrededores y al ambiente ⁽⁹⁾ ⁽¹⁰⁾.

Con los problemas de contaminación debemos considerar que la Tierra es un cliente al que se debe satisfacer para seguir obteniendo los beneficios que esperamos de ella.

Existen entidades que participan en la protección de ambiente aunque la conciencia del problema debe ser del conocimiento y responsabilidad de todos.

Diseño para el ambiente o también llamado "Green Design" promueve la prevención de la contaminación y la conservación de los recursos. Las implicaciones ambientales incluyen los impactos adversos a la salud humana, el ambiente y los recursos naturales asociados al ciclo de vida de productos y asociados a procesos industriales. Son las consideraciones sistemáticas de los términos de

salud ambiental, seguridad, preservación y restauración, durante el proceso de desarrollo de nuevos productos. Algunos de los aspectos que dirige el diseñar para el ambiente incluye: la administración ambiental, disposición de productos, seguridad de productos, prevención de la contaminación, ecología, conservación de recursos, prevención de accidentes, administración de desperdicios, salud y seguridad ocupacional.

Esto hace al diseño para el ambiente una herramienta que aumenta la calidad ambiental así como la competitividad en el mercado.

Las regulaciones gubernamentales son establecidas e impuestas para proteger y preservar al ambiente del abuso industrial. Éstas son utilizables para asegurar que una compañía tenga un sistema de administración ambiental efectivo en el lugar. Esas normas buscan armonizar prácticas industriales en varias áreas incluyendo administración ambiental, auditoría, evaluación del comportamiento, etiquetado, empaque y análisis del ciclo de vida.

Se pueden considerar dos grandes categorías dentro del diseño para el ambiente que no son más que estrategias y son: la reducción de fuentes y la administración de desperdicios. Las estrategias para reducción de fuentes intentan eliminar la contaminación como fuente, mientras las estrategias de administración de desperdicios promueven el reciclado, reuso, saneamiento o recuperación, y restauración de partes y materiales.

Las medidas de calidad ambiental son parámetros usados para medir los efectividad de operaciones y procedimientos específicos.

Estas medidas son usadas para evaluar el mejoramiento en el diseño y establecer objetivos ambientales. Algunas medidas ambientales de calidad incluyen:

- Energía total consumida durante el ciclo de vida del producto
- Energía renovable consumida durante el ciclo de vida del producto
- Corriente usada durante la operación para productos eléctricos
- Vida útil de operación de otros productos.
- Materiales tóxicos o peligrosos usados en producción
- Total de desperdicios industriales generados durante la producción
- Desperdicios peligrosos generados durante la producción
- Emisiones al aire y efluentes generados durante la producción
- Liberación de sustancias que contribuyen al efecto de invernadero y agotamiento de la capa de ozono durante el ciclo de vida
- Desensamble de productos y tiempo de recuperación
- Porcentaje de materiales reciclados usados como entradas para el producto

- Porcentaje de materiales reciclados disponibles hasta el final de la vida
- Porcentaje de productos recuperados y usados
- Pureza de materiales reciclados recuperados
- Porcentaje de productos dispuestos o incinerados
- Costo promedio del ciclo de vida provocado por el fabricante
- Costos de compra y operación producidos por el cliente
- Fracción de empaque y recipientes reciclados

1.4.1 LA RELACIÓN ENTRE DISEÑO PARA EL AMBIENTE Y DISEÑO PARA LA MANUFACTURA.

Diseño concurrente se refiere a la consideración y balance de los múltiples requerimientos cuando se diseña un producto. Diseño para Manufactura (DFM, Design For Manufacturing) y Diseño para el Ambiente (DFE, Design For Environment) son dos entre los varios enfoques que enfrentan los ingenieros hoy en día. Además para diseñar un producto para funcionalidad y desempeño, el diseño para manufactura promueve la evaluación de la eficiencia de la producción, mientras que el diseño para el ambiente fomenta la minimización del impacto ambiental sobre la vida del producto. Estas y otras estrategias de diseño, presentan áreas de traslape y conflicto en sus requerimientos, así el reto de la ingeniería concurrente es encontrar la manera de optimizar un producto con las consideraciones adecuadas de todas esas necesidades⁽¹¹⁾.

El objetivo de la ingeniería concurrente es revisar de manera simultánea la investigación entre el diseño de manufactura y el diseño para el ambiente indicando los criterios en común y los conflictos entre ellos, así ayudará a la optimización del diseño múltiple.

1.4.2 EVALUACIÓN DE DISEÑO PARA EL AMBIENTE

Se consideran cuatro fases dentro de la evaluación de Diseño para el Ambiente que son:

a) Proceso de extracción de materias primas.

En esta etapa el impacto ambiental de la extracción y procesamiento de materias primas que serán usadas en un producto, deben ser evaluadas. Utilizando material reciclable y recursos renovables en lugar de materiales no reciclables o vírgenes. El mayor reto de este proceso es identificar y especificar materiales que puedan aumentar la calidad ambiental, mientras satisfaga el producto su función y los requerimientos de costo.

b) Manufactura y proceso de producción.

El objetivo principal de esta fase es eliminar o minimizar todos los efectos ambientales adversos asociados con el proceso de manufactura. Como ejemplo están el uso de procesos de manufactura que optimicen la conservación de materiales, el uso de superficies que no necesiten pintura, el uso de materiales compatibles ambientalmente y operaciones.

c) Consumo del consumidor.

El objetivo principal de esta fase es eliminar o minimizar todos los efectos ambientales adversos asociados con el uso y consumo de un producto. Esta fase atiende el uso de ingredientes de un producto que afecta de manera adversa al ambiente. Como fue eliminar en los aerosoles y refrigerantes los ingredientes que agotan la capa de ozono, diseñar automóviles que reduzcan la contaminación excesiva, o materiales con la leyenda de reciclable.

Cuando los consumidores deciden comprar toman en cuenta el precio, la funcionalidad y en algunos casos la marca, pero se ha incluido un cuarto factor que es el impacto ambiental. Las encuestas entre consumidores muestran que los consumidores están dispuestos a pagar más siempre y cuando el nuevo producto ofrezca un mayor beneficio o al menos es menos dañino al ambiente. A esto se le conoce como "etiquetado ambiental o ecológico del producto".

d) Retiro de producto.

En esta etapa el objetivo principal se dirige al enfoque asociado con los desperdicios y disposición de productos y sus empaques al final de su vida. Esta etapa enfatiza el uso de producto de materiales que son biodegradables o reciclables.

Esta fase también considera cómo deben diseñarse los productos hechos con varios materiales para desensamblarse en función de separar fácilmente el contenido reciclable.

CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN.

Debido a que el análisis de ciclo de vida ACV considera el análisis integral de las corrientes de entrada y salida involucradas en la obtención de un producto, se hace necesario conocer las tecnologías existentes para prevenir la contaminación y en este capítulo se revisa la filosofía de las 3R's Reducir-Reusar-Reciclar atendiendo la minimización de desperdicios, que es una manera de prevención de la contaminación mediante la reducción de los desperdicios desde la fuente u origen, es decir antes de ser generados, el reciclaje fortalece el beneficio de recuperación de materiales. Se describen algunas metodologías referentes al tratamiento de residuos sólidos por el gran volumen de producción del mundo moderno y que al ser manejados eficientemente por las diferentes técnicas se evita que lleguen "tiraderos" lo que provoca gran deterioro al ambiente. Como se muestra en las tablas pertenecientes a México, queda claro que es muy necesaria la atención de la administración de desperdicios.

2.1 PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

El crecimiento y la industrialización constante del mundo han traído como consecuencia problemas de contaminación debido a la generación de productos de desecho domésticos e industriales. Los sistemas de energía y administración de desperdicios actualmente están sufriendo muchos cambios. La prevención de desperdicios ahorra energía y recursos naturales, así como reduce la contaminación que proviene de la manufactura, el exceso de empaque y la vida corta de los productos.

Una gran fuerza impulsora de estos cambios pende de un hilo y es el cambio global de clima causado por el incremento en las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y otros gases del efecto de invernadero (greenhouse gases).

Un aspecto clave del análisis del ciclo de vida es que el sistema debe ser construido de tal manera que las entradas y salidas del sistema estén manejadas de la "cuna a la tumba", esto es, que las entradas deben ser flujos que son tomados desde el ambiente sin transformación humana y las salidas que deben ser flujos que son descargados al ambiente sin transformaciones humanas subsecuentes. En los sistemas de administración de desperdicios del análisis del ciclo de vida, esto realmente no se hace. En su lugar las entradas son a menudo desperdicios sólidos. Esto es, compatible con la definición del análisis del ciclo de vida, si el mismo flujo de entrada aparece en todos los sistemas que están por ser comparados. Esto es porque aquellas partes de los sistemas, las cuales son idénticas en todos los sistemas que se están comparando, pueden ser omitidas. Los límites de las corrientes de salida pueden haber cambiado, si uno de los sistemas para ser analizado produce más o menos desperdicios que los otros.

Una situación similar puede ocurrir para las corrientes de salida del sistema cuando los materiales o energía son reciclados a nuevos productos. En los sistemas de administración de desperdicios del análisis del ciclo de vida, los productos provenientes del reciclado no son enviados a la "tumba" y no son los productos que son reemplazados por los productos del reciclado.

Como se vió en el capítulo anterior, el análisis de ciclo de vida es una metodología invaluable que apoya para estudiar los beneficios del reciclado que es una de las técnicas más importantes en la minimización de desperdicios. La minimización de desperdicios se está promoviendo en la transformación de las industrias como una actividad importante para reducir el impacto ambiental, al tiempo de aumentar los beneficios económicos. El riesgo es que si la minimización de desperdicios se usa simplemente para optimizar las actividades del proceso locales, entonces el impacto total del proceso y los cambios del producto podrían empeorar. El análisis de ciclo de vida es la metodología que puede ser usada para considerar el extenso impacto del cambio, puesto que apunta a cuantificar el impacto ambiental del producto en cuestión desde el origen de las materias primas hasta su último destino. Actualmente está siendo usada para determinar la aceptación comparativa de los consumidores del producto y será importante para los estudios de minimización de desperdicios.

La reducción de desperdicios es un concepto simple, si se crean menos desperdicios se consumen menos recursos y de esta manera se gasta menos dinero para reciclar o eliminar los desperdicios. La base de esto es el desarrollo del ciclo de vida de cualquier producto tomando en cuenta todas las corrientes del sistema, es decir se previene la generación de desperdicios.

La definición detallada de la Oficina de Asistencia Ambiental de Minnesota (USA) sobre prevención de desperdicios o reducción de fuentes considera lo siguiente:

- Reducir la cantidad de materiales usados y/o la toxicidad de los materiales usados.
- Reusar un producto en su forma original.
- Usar productos durables, reparables, rellenables que no es más que alargar la vida útil.

Por lo tanto, la prevención de desperdicios significa en primer lugar la NO creación de desperdicios. El reciclado no se considera como una medida de prevención de desperdicios, porque es necesario recolectar el material, transportarlo, convertirlo en el nuevo producto y venderlo; sin embargo el reciclado conserva recursos, mediante el reuso de materiales en lugar de materiales vírgenes⁽¹²⁾.

Existen diferentes alternativas para la disposición de desperdicios, la selección dependerá de la etapa de inventario del análisis de ciclo de vida. El mejor método de la administración de desperdicios depende de las circunstancias locales⁽¹³⁾.

La imagen de administración de desperdicios perteneciente al gerente de planta, generalmente será como algo que se tiene al final del proceso y no como una parte importante del negocio.

El reciclado es considerado ambientalmente más ventajoso. Los beneficios principales se alcanzan por el reemplazo de materiales primarios en lugar de materiales secundarios.

La investigación para mejorar el carácter ecológico de los productos al consumidor se realiza por el concepto de "Diseño para el Ambiente" así como la "Química Verde" o también llamada Ecológica (Green Chemistry) es la utilización de un juego de principios que reduce o elimina el uso o generación de sustancias peligrosas dentro del diseño, manufactura y aplicación de productos químicos. La química ecológica incluye el diseño y rediseño de síntesis y productos químicos para prevenir la contaminación y por medio de ella resolver los problemas ambientales.

No obstante, la investigación integral del diseño de un producto se establece por el análisis del ciclo de vida. La investigación debe apuntar a la minimización en la generación de desperdicios durante el proceso de producción, simplificando el reuso de productos y sus componentes y minimizando el consumo de energía así como todos los impactos negativos para el producto. En general, los diseñadores de producto, tienen mayor flexibilidad en la selección de materiales componentes de productos incluyendo el uso de materiales reprocesados, que los procesadores de materiales primarios. La etapa de ensamble también ofrece la oportunidad para reducir el uso de materiales tóxicos y la minimización de desperdicios. El diseño inteligente, reduce la cantidad de materiales requeridos en un producto. La manufactura de "productos" en el mercado incluye artículos hechos de distintos materiales, componentes ensamblados de las formas más complejas, así como el mezclado intrínseco

de materiales tales como sustancias químicas. Estos pueden variar desde jumbo jets hasta juguetes para niños o desde gasolina hasta shampoo.

2.2 TECNOLOGÍAS PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Prevención de la Contaminación significa como definición "Reducción de Contaminantes". Las prácticas que reducen o eliminan la creación de contaminantes se logran a través de:

- Incrementar la eficiencia en el uso de las materias primas, energía, agua, u otros recursos.
- Protección de recursos naturales por conservación.

Al mismo tiempo, "Reducción de Contaminantes" implica a cualquier práctica que:

- a) Reduce la cantidad de sustancias y contaminantes peligrosos o cualquier contaminante participante o corriente de desperdicio u otra liberación al ambiente (incluyendo emisiones perdidas) previa al reciclado, tratamiento o eliminación.
- b) Reduce los peligros a la salud pública y al ambiente, asociado con la liberación de sustancias, agentes o contaminantes.

Dentro del proceso se incluye:

- Modificaciones de equipo o tecnología
- Modificaciones de procedimiento o proceso
- Reformulación o rediseño de productos,
- Substitución de materias primas y
- Mejoramiento en manejo, mantenimiento, entrenamiento o control de inventario.

Existe una clasificación jerárquica sugerida y empleada en la administración de desperdicios siendo la más empleada la siguiente⁽¹⁴⁾:

- Reducción de la cantidad de desperdicios
- Reuso
- Reciclado de materiales
- Incineración con recuperación de calor
- Confinamiento o Relleno sanitario.

Los alcances específicos de la Prevención de la Contaminación, pueden ser aplicados a todas las actividades generadoras de contaminación, incluyendo aquellas relacionadas con energía, agricultura, de consumidores así como de los sectores industriales.

El deterioro de tierras, fuentes de agua subterráneas y otros recursos, se ven afectadas por la contaminación; las prácticas de prevención pueden ser esenciales para la preservación de esos

recursos. Aquellas prácticas pueden incluir técnicas de conservación y cambios en las prácticas de administración para prevenir daños a los sensibles ecosistemas. La prevención de la contaminación no incluye prácticas que creen nuevos riesgos.

En el sector de energía la prevención de la contaminación puede reducir daños ambientales desde la extracción, procesamiento, transporte y combustión de combustibles. Los métodos o alcances de la prevención de la contaminación incluye:

- Incremento de la eficiencia en el uso de energía.
- Substitución a fuentes combustibles ambientalmente benignas.
- Diseñar cambios que reduzcan la demanda de energía.

En el sector de agricultura, el alcance de la prevención de la contaminación incluye:

- La reducción del uso de agua y químicos en las "entradas".
- Adopción de pesticidas menos peligrosos ambientalmente y cultivar cosechas con tendencia natural de resistencia a pesticidas.
- Protección a áreas sensibles.

El productor de cualquier sector o industria debe saber que clase de desperdicios produce.

2.3 POLÍTICAS Y PROGRAMAS

La meta de la prevención de la contaminación es reducir los desperdicios desde la fuente, es decir antes de ser generados, el programa para la prevención de la contaminación de la Agencia de Protección del Ambiente (EPA, Environmental Protection Agency) está diseñado para facilitar la incorporación de los conceptos y principios de prevención de la contaminación en las operaciones diarias de las oficinas gubernamentales, negocios, fábricas de manufactura y organizaciones no lucrativas. Este programa se dirige a una variedad de emisiones de desperdicios.

En el Acta de Prevención de la Contaminación en 1990, el Congreso estableció una política nacional que dice lo siguiente:

- La contaminación se deberá prevenir o reducir en las fuentes siempre que sea factible.
- La contaminación que no se pueda prevenir, deberá ser reciclada de manera segura al ambiente, siempre que sea factible.
- La contaminación que no se pueda prevenir o reciclar, deberá ser tratada en una manera ambientalmente segura.
- La eliminación u otra liberación al ambiente, deberá ser empleada como último recurso pero de una manera segura.

El Instituto de Administración de Desechos de Malta (Malta Institute of Wastes Management) cree que a menos que se demuestre otra cosa, la mejor opción de Práctica Ambiental (BPEO, Best Practical Environmental Option) puede lograrse por la adopción de las siguientes cuatro opciones y que se listan en orden de prioridad⁽¹⁵⁾:

- Reducir la cantidad y peligrosidad de los desperdicios.
- Recuperar materiales (reciclado) a partir de desperdicios inevitables.
- Tratamientos térmicos, preferentemente con la energía recuperada de desperdicios no reciclables e inevitables y por último a los desperdicios que no pueden ser manejados.
- Confinamiento seguro.

En el área de ecología industrial, la investigación se enfoca a las formas para incrementar el potencial para el reuso, recuperación y reciclamiento de materiales usados y generados por la industria incluyendo a los productos, subproductos y desperdicios, desde el procesamiento primario de materiales y desde la industria actual y el consumo de productos al salir de la fábrica. Por ejemplo la investigación de "materiales inteligentes" capaces de responder a los cambios en el ambiente así como cambios internos estructurales, ofrece la reducción de masa necesaria para funciones económicas diferentes y ahorra los recursos necesarios para reemplazar las fallas estructurales a través de la detección y prevención temprana. La investigación de las propiedades superficiales o interfaciales de materiales, podrían considerar productos más durables con mayor resistencia a la humedad y la corrosión. Mejorando la relación de "fuerza-peso" y el comportamiento térmico de los materiales, puede facilitarse el desarrollo de vehículos para transporte que requieren menor masa para mantener la integridad estructural y lograr en la maquinaria eficiencias termodinámicas mayores.

La selección de un material puede facilitar o retardar el reciclado. La optimización de las características de desempeño de los materiales a menudo viene a expensas del incremento y complejidad en los productos y el aumento de su sensibilidad a contaminantes, por ejemplo la baja tolerancia a contaminantes en el comportamiento de metales con porcentajes estrictos de aleación. Esta complejidad dificulta posteriormente el reprocesado.

La investigación de mejoramiento de la composición de materiales en productos para mejorar el acomodo en el ciclo de productos, así como la investigación de selección de materiales y diseño de proceso, deben estar relacionadas con las corrientes técnicas y los manejadores económicos en la industria de materiales, por ejemplo:

- La eficiencia de materiales.
- El incremento del valor agregado.

- El alto rendimiento por cantidad de trabajo útil ejecutado por un equipo sistematizado (producción).
- La persecución de innovación tecnológica en la industria considerando al ambiente.

La investigación en métodos alternativos para procesamiento de la reducción de toxicidad de materiales, debe considerar la selección de la alimentación de materiales así como el proceso involucrado en todas las etapas de producción. La ecología industrial investiga el proceso de materiales así como los enfoques en las oportunidades para modificar los procesos para acomodar los diferentes materiales de arranque, minimizando la generación de productos tóxicos y optimizando el carácter de los productos y subproductos para reuso.

2.4 TIPOS DE DESPERDICIOS Y TRATAMIENTO

Es obvio que los tipos de desperdicios como resultado del proceso dentro del ciclo de vida de un producto se pueden obtener efluentes líquidos, gaseosos y productos sólidos, contaminando al agua, al aire y al suelo. Estos desperdicios representan pérdidas de materiales valiosos y energía desde el proceso de producción y una inversión significativa en el control de la contaminación. La mejor opción de práctica ambiental es la opción que proporciona el mayor beneficio o el menor daño al ambiente como un todo, por minimizar el consumo de materiales y energía y emisiones a un costo aceptable a largo y corto plazos, analiza cuáles son las opciones para el manejo y tratamiento de los desperdicios, que anteriormente se lograba por la implementación de sistemas de limpieza y tratamiento de efluentes desde los puntos de vista denominados al "Final del Tubo" y "Fuera de la Puerta Trasera" provocando su encarecimiento⁽¹⁶⁾.

De acuerdo a la clasificación de la EPA, existen diferentes tipos de desperdicios entre los cuales se encuentran los siguientes:

Desperdicios Industriales. Son cualquier tipo de desperdicio sólido proveniente de fuentes no residenciales y que no se clasifican dentro de los desperdicios peligrosos, infecciosos, desperdicios de construcción/demolición. Se consideran desperdicios industriales a las cenizas del carbón, escoria de fierro y acero, fundición de arena tipo III, refractario tipo III, filtros de aceite, ladrillos refractarios, desperdicios de fibra de vidrio y contenedores vacíos.

Los desperdicios sólidos después del 1° de julio de 2000 deben ser dispuestos en rellenos sanitarios.

Desperdicios Peligrosos. son sustancias que tienen alguna de las siguientes características:

Flamables, corrosivas, reactivas, tóxicas, radioactivas, venenosas, carcinógenas o infecciosas. En un sentido general, los desperdicios que contienen aquellos materiales son considerados peligrosos

porque presentan un riesgo potencial al ser humano o al ambiente. Los planes de la administración de este tipo de residuos generalmente los divide en tres grandes grupos⁽¹⁷⁾:

- **Desperdicios radioactivos** son clasificados como cualquiera de los dos tipos: alto y bajo nivel. Los desperdicios de bajo nivel se encuentran en instituciones de investigación y médicas y los desperdicios de alto nivel, son los generados por reactores nucleares.
- **Desperdicios químicos** son clasificados como peligrosos, si poseen una de las cuatro características que se describen:
 - Desperdicio Inflamable. Se considera a cualquier líquido que tiene punto de flasheo menor a 140 °F (60 °C). Un sólido es inflamable si es capaz de causar fuego por fricción o absorción de humedad, o puede sufrir cambios químicos espontáneos que pueden dar como resultado un incendio vigoroso y persistente.
 - Desperdicio corrosivo. Una solución acuosa que tiene un pH menor o igual a 2 o mayor o igual a 12.5 es un desperdicio corrosivo.
 - Desperdicio reactivo. Un desperdicio reactivo es un material que está normalmente inestable y sufre cambios químicos violentos sin detonación, y puede reaccionar violentamente para formar mezclas potencialmente explosivas o puede generar gases peligrosos o posiblemente letales. Un material que es capaz de detonar o reaccionar explosivamente es un desperdicio reactivo.
 - Desperdicio tóxico. Son aquellos desperdicios cuya concentración es igual o mayor a los valores que se indican en la Tabla 2.1.
- **Desperdicios biopeligrosos** en este grupo se encuentran los diferentes tipos de desperdicios que pueden incluir agentes infecciosos. Actualmente, se consideran las siguientes categorías:
 - Desperdicios médicos u hospitalarios, que son cualquier tipo de desperdicio que es generado por diagnóstico, tratamiento, o inmunizaciones de seres humanos o animales o investigaciones concernientes.
 - Desperdicios regulados que son los desperdicios de enfermedades infecciosas.
 - Desperdicios de laboratorio.
 - Desperdicios patológicos.

En la actualidad los tratamientos de los residuos peligrosos previos al confinamiento incluyen los tratamientos biológicos, tratamientos químicos de oxidación y reducción, neutralización, estabilización, incineración y recuperación de energía.

MATERIAL	CONCENTRACIÓN (mg/l)
Aflatoxín	1.0
2,3,7,8-Tetraclorodibenzo-p-dioxín	1.0
1,2,3,7,8-Pentaclorodibenzo-p-dioxín	1.0
1,2,3,4,7,8-Hexaclorodibencen-p-dioxín	1.0
1,2,3,6,7,8-Hexaclorodibencen-p-dioxín	1.0
1,2,3,7,8,9-Hexaclorodibencen-p-dioxín	1.0
2,3,7,8-Tetraclorodibencenfurano	1.0
METALES	
Arsénico	5.0
Bario	100.0
Cadmio	1.0
Cobre	100.0
Cromo	5.0
Plomo	5.0
Mercurio	0.2
Selenio	1.0
Plata	5.0
Zinc	500.0
PESTICIDAS	
Endrina	0.02
Lindano	0.4
Metoxicloro	10.0
Toxafeno	0.5
2,4-D	10.0
2,4,5 TP plata	1.0
ORGÁNICOS	
Benceno	0.5
Tetracloruro de carbono	0.5
Clordano	0.03
Clorobenceno	100.0
Cloroformo	6.0
o-cresol, m-cresol, p-cresol, cresol	200.0
1,4-Diclorobenceno	7.5
1,2-Diclorobenceno	0.5
1,1-Diclorobenceno	0.7
2,4-Dinitrotolueno	0.13
Heptacloro	0.008
Hexaclorobenceno	0.13
Hexacloro-1,3-butadieno	0.5
Hexacloroetano	3.0
Metil etil cetona	200.0
Nitrobenceno	2.0
Pentaclorofenol	100.0
Piridina	5.0
Tetracloroetileno	0.7
Tricloroetileno	0.5
2,4,5-Triclorofenol	400.0
2,4,6-Triclorofenol	2.0
Cloruro de Vinilo	0.2

TABLA 2.1 SUSTANCIAS TÓXICAS.

Desperdicios Mixtos son aquellos que contienen un componente peligroso y un componente de material radioactivo. Los materiales radioactivos deben ser clasificados como una fuente especial nuclear o un subproducto expuesto en el Acta de Energía Atómica de 1954 (AEA) (42 U.S.C. Sección 201). Estos desperdicios generalmente son producidos por ciertas instalaciones federales, plantas de energía nuclear, laboratorios de investigación e instituciones médicas. Para el tratamiento de este tipo de productos se encuentran descritas diecisiete tecnologías en el artículo U-915074-01-0 de Wagner Julie, University of Michigan USA, "New and Innovative Technologies for Mixed Waste Treatment" August 1997 (<http://www.epa.gov/radiation/mixed-waste/docs/innotech.pdf>) for EPA Office of Solid Waste clasificadas en los siguientes grupos:

- Tecnologías de eliminación/separación
- Tecnologías de estabilización/inmovilización
- Tecnologías de destrucción
- Combinaciones.

2.5 MANEJO DE DESPERDICIOS SÓLIDOS

El nuevo ritmo de vida ha traído como consecuencia la fabricación de productos que generan enormes volúmenes de desperdicios sólidos después de haber sido utilizados y formarán parte de las "montañas" de residuos sólidos urbanos RSU que cada vez presentan mayores problemas si no se prevé una correcta administración y tratamiento. No existe una solución mágica para el manejo de residuos sólidos, incluso en países muy industrializados se da la combinación de soluciones o alternativas de tratamiento como se indica en la Tabla 2.2.

PAÍS	RECICLAJE	COMPOSTA	INCINERACIÓN	RELLENO SANITARIO
U.S.A.	15	1	39	45
JAPÓN	11	2	77	10
ALEMANIA	15	3	30	52
FRANCIA	2	10	4	48
SUECIA	3	5	52	40
MÉXICO	10	0	0	90

TABLA 2.2 PORCENTAJE MANEJADO para el TRATAMIENTO de RESIDUOS SÓLIDOS.

La literatura muestra que el manejo de desperdicios sólidos se realiza de diferentes maneras siendo las siguientes:

- Reciclado de materiales

- Digestión anaeróbica, residuos digestivos usados como fertilizantes
 - Con biogas usado por generación de calor y electricidad
 - Con biogas usado para vehículos de combustión
- Composta
- Incineración con recuperación de calor
- Relleno, con generación de calor o electricidad del gas obtenido del relleno.

2.5.1 TÉCNICAS PARA RECICLADO

El reciclado de materiales puede hacerse de varias formas y algunos materiales pueden ser reciclados para transformarse en energía. Cualquier desperdicio o descarga de materiales, si no tiene valor en su forma actual, puede ser empleado nuevamente⁽¹⁸⁾. El valor de un desperdicio es potencial y dependerá enteramente de su capacidad para ser reciclado, tal valor puede ser económico o social, aunque generalmente es económico. De acuerdo a la EPA existe un programa denominado "Trabajos a través del reciclado" y tienen impacto en su economía regional creando alrededor de 2500 nuevos empleos y más de 329 MM USD (millones de dólares) en nuevas inversiones para el negocio del reciclado. El reciclado puede realizarse mediante:

- a) Métodos de circuito cerrado. Aquí el material es purificado básicamente hasta su especificación como material virgen y puede consecuentemente ser usado para cualquier propósito.
- b) Métodos de circuito abierto. En estos el material que se trata se considera como materia prima para otro proceso de manufactura. Este tipo de método es más factible para el tratamiento de desperdicios. El valor de los desperdicios sólidos dependerá totalmente del grado en el cual puedan ser separados en fracciones y sean recicladas particularmente. Cada unidad de producción de desperdicio constituye un problema independiente y diferente.

Desde el punto de vista del ciclo de vida de producto, es muy importante considerar los procesos para la reutilización de recursos ya que deberán atenderse todas las corrientes del sistema.

Un ejemplo comparativo del empleo del ciclo de vida es el de abastecimiento de bebidas refrescantes que se vende actualmente en diferentes presentaciones como vidrio, aluminio y polietilén tereftalato (PET).

Algunos tipos de recipientes son reciclables. Las botellas de vidrio rellenables o retornables pueden ser recicladas por vía de circuito cerrado del mismo productor. Las botellas de vidrio no retornables, latas de aluminio y botellas de PET pueden ser recicladas por vía del ciclo de la remanufactura. Los datos del análisis del ciclo de vida para estos tres últimos tipos de contenedores son proporcionados en la

publicación del Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE, American Institute of Chemical Engineers). Las emisiones al aire, la generación de desperdicios sólidos y requerimientos para estos tres recipientes, se muestran en la Tabla 2.3 como una función de reciclado.

Lo que se observa en la Tabla 2.3 que los volúmenes de los recipientes no son iguales. Hasta muy recientemente en el Reino Unido una bebida refrescante como la Coca-Cola estuvo únicamente disponible en recipientes de PET de 1.5 o 2 litros que son mucho más grandes que las alternativas de vidrio y aluminio (64 fl oz son aproximadamente 2 litros). En el análisis de ciclo de vida de los recipientes para la comparación, debe usarse una base común y los datos son presentados con base a volúmenes iguales de bebidas refrescantes, que en este caso es 1000 l. Como era de esperarse, el consumo de energía, las emisiones a la atmósfera y los desperdicios sólidos, disminuyen a medida que se incrementa el porcentaje de reciclado de cada tipo de recipiente. También esto puede observarse para cada uno de los tres factores ambientales que están bajo consideración, que el PET parece estar mejor que el aluminio y éste a su vez mejor que el vidrio y en especial en el factor de desperdicios sólidos.

TIPO DE RECIPIENTE		PORCENTAJE DE REICLADO		
		0	50	100
		Energía requerida (GJ por 1000 l)		
PET	Botellas de 24 fl oz	5.9	5.0	4.1
Aluminio	Latas de 12 fl oz	13.9	9.2	4.4
Vidrio	Botellas de 16 fl oz	13.7	9.8	5.8
		Emisiones atmosféricas (kg por 1000 l)		
PET	Botellas de 24 fl oz	7.4	6.4	5.4
Aluminio	Latas de 12 fl oz	16.4	11.0	5.8
Vidrio	Botellas de 16 fl oz	26.1	17.5	8.8
		Desperdicios sólidos (kg por 1000 l)		
PET	Botellas de 24 fl oz	61.6	42.2	22.7
Aluminio	Latas de 12 fl oz	232.6	128.2	23.8
Vidrio	Botellas de 16 fl oz	840.0	465.7	91.5

TABLA 2.3 ENERGÍA e IMPACTO AMBIENTAL para RECIPIENTES de BEBIDAS REFRESCANTES.

No obstante, la Tabla 2.4 muestra que la conversión de materias primas a producto a 0% de reciclado no es tan bueno para el PET como para el vidrio. Los recipientes de vidrio y de PET, parecen ser mejores que el aluminio.

Tipo de Recipiente	Porcentaje de material virgen que se pierde como desperdicio en la producción	Porcentaje de material virgen que aparece en el producto
PET	50	50
Aluminio	81	19
Vidrio	26	74

TABLA 2.4 MATERIAL VIRGEN REQUERIDO por RECIPIENTE para 0 % de RECICLADO.

En la Tabla 2.5 el peso por unidad de volumen de refresco, para el caso del vidrio es substancialmente mayor que para los otros dos tipos de recipientes. La dificultad de los asesores del ciclo de vida es que los volúmenes de los tres recipientes son totalmente diferentes. Con una mayor proporción de peso por volumen de refresco, en recipientes más pequeños la conclusión del análisis del ciclo de vida sería un poco diferente.

TIPO de RECIPIENTE	VOLUMEN (fl oz)	PESO (g)
PET	130.2	65.8
Aluminio	87.7	16.6
Vidrio	407.5	302.3

TABLA 2.5 VOLUMEN y PESO de DIFERENTES RECIPIENTES de REFRESCO.

Considerando que la Coca-Cola es un ejemplo de bebida refrescante y se consumen alrededor de 8000 refrescos cada segundo y que cada bebida tiene un promedio de 12 fl oz y que la mitad son consumidas en recipientes de aluminio, vidrio o PET y que el resto se vende por máquinas en fuentes de sodas o botellas retornables, alrededor de 2.5 toneladas deberían ser tomadas cada segundo desde los recipientes estudiados por el análisis de ciclo de vida. Los cálculos indican que la demanda de energía asociados al almacenamiento en PET si fuera el único material y que además fuera no reciclable sería de 7.1 Giga Watts (7.1×10^9 Watts). Para el almacenamiento en vidrio sería 16.5 GW. Esto bajo la hipótesis de intercambio de la producción mundial de todo de vidrio o todo de PET, sin reciclaje ahorraría 9.4 GW. Si el PET solo se usara para recipiente y no se reciclara, entonces el ACV revelaría que alrededor de 5.5 millones de toneladas de desperdicios sólidos serían generados cada año. Si el vidrio solamente fuera usado de la misma forma, entonces se incrementaría a 74.7 millones de ton/año. La diferencia en emisiones atmosféricas desde este cambio hipotético de vidrio a PET sería de 1.7 millones de ton/año. Actualmente en las tiendas de Europa es un poco difícil encontrar Coca-

Cola en botellas de vidrio. Las latas de aluminio aunque no son tan buenas ambientalmente como el PET, son mucho mejor que el vidrio. En este análisis de ciclo de vida se muestra que se pueden lograr grandes ahorros por el cambio de aluminio a PET. La más reciente introducción de PET en una gran variedad de volúmenes de las botellas, es quizás un claro signo que las manufactureras y distribuidoras de bebidas refrescantes pueden proporcionar a un producto en una mejora ambiental y al mismo tiempo ahorrar dinero a través del bajo consumo de energía y disposición de desperdicios. El ejemplo del recipiente para bebidas refrescantes demuestra que el análisis de ciclo de vida tiene un papel importante que jugar formando futuros diseños de productos así como los procesos empleados para su obtención.

2.5.2 DIGESTIÓN ANAEROBIA

Es un proceso biológico que ocurre en un sistema cerrado creando un ambiente libre de oxígeno. En la ausencia de oxígeno, las bacterias anaerobias digerirán con gran eficacia los desperdicios orgánicos⁽¹⁹⁾. Consiste de tres etapas:

En la primera se lleva la descomposición o hidrólisis del material, en moléculas utilizables tales como azúcares, la segunda etapa es la conversión de materia descompuesta a ácidos orgánicos y finalmente se convierten los ácidos orgánicos a gas metano y dióxido de carbono. Este es un proceso de ciclo cerrado y el tiempo de digestión varía de tres a veintiún días dependiendo de la corriente de alimentación. El valor calorífico del biogas varía entre 17 a 25 MJ/m³ (Mega Joules /m³) debido a que la composición es aproximadamente del 55 al 75 % de metano CH₄, lo restante de bióxido de carbono CO₂ y trazas de nitrógeno y compuestos de azufre. Normalmente del 40 al 60 % de la materia orgánica es convertida en biogas. Las bacterias de tipo mesofílico requieren de una temperatura de 30 a 35 °C. Sin embargo los sistemas con bacterias del tipo termofílico que operan a 55 °C ofrecen mayores ventajas incluyendo la mayor producción de metano en un menor tiempo, matando eficazmente microorganismos patógenos y virus aunque son más caros y requieren de mayores niveles de control.

En este proceso uno de los subproductos puede servir de fertilizante de la tierra y el gas producido puede utilizarse para la generación de calor o energía eléctrica. La tecnología para este proceso está muy bien desarrollada y el rango de capacidad comercialmente disponible para los reactores (digestores) va desde 70 m³ a 5 000 m³; los reactores pequeños tienden a usar el biogas para la producción de calor, mientras que las unidades mayores pueden generar alrededor de 2 MWatts de electricidad llamada verde o ecológica (green electricity).

2.5.3 COMPOSTA

Es un proceso de transformación de material orgánico por descomposición, la composta es una forma natural de reciclado, que ocurre continuamente en la naturaleza. Desde hace 2000 años Marcus Cato observó a la composta como el mejorador de la tierra, además de que es esencial para mantener la fertilidad y productividad de las tierras destinadas a la agricultura. Él estableció que todos los desperdicios alimenticios y animales deberían ser compostados antes de iniciar la adición a la tierra. Actualmente existen diferentes razones del porqué la composta permanece como una práctica invaluable.

La composta añadida mejora la estructura de la tierra, la textura, la aereación y la retención del agua. Cuando se mezcla con terrenos arcillosos se aligera y con terrenos arenosos retienen mejor el agua. Mezclando la composta con tierra, también se contribuye al control de la erosión, a la fertilidad de la tierra, al adecuado balance de pH y los beneficios hacia las plantas y vegetales, es por eso que las ventas por composta incrementan los beneficios de las empresas. Este proceso se realiza controlando tres actividades clave:

- a) Aereación que se logra por el movimiento de la pila de material.
- b) Humedad. Los microorganismos utilizan moléculas orgánicas si están disueltas en agua, así que la pila de composta debe tener un contenido de humedad de 40–60 %.
- c) Proporción de carbón-nitrógeno adecuada (C:N). La proporción en peso debería ser suficiente de 30 partes de carbón por una de nitrógeno. El proceso es lento si no es suficiente la cantidad de nitrógeno, pero si es demasiado puede generar amoníaco el cual crea olores desagradables.

Atender esos elementos elevarán la temperatura entre 54.4 y 60 °C y garantizará la rápida descomposición. El éxito con el que las sustancias orgánicas son compostadas, depende del material orgánico y la descomposición de los organismos involucrados. Algunos materiales orgánicos son desdoblados más fácilmente que otros. Algunos microorganismos requieren oxígeno y otros no, pero aquellos que requieren oxígeno son preferibles para la composta.

2.5.4 INCINERACIÓN CON RECUPERACIÓN DE CALOR

Este proceso se realiza en incineradores mediante la combustión de materiales que arden, de los cuales puede recuperarse energía. Los incineradores reducen el volumen de desperdicios aunque las cenizas producidas se envíen de nuevo al relleno sanitario.

Si el desperdicio sólido se considera una fuente de energía, la energía del sistema y la administración de desperdicios deben ser considerados simultáneamente. Esto implica que el sistema será idéntico si el punto de arranque es la opción de elegir la fuente de energía o la opción del tratamiento de desperdicios.

Frecuentemente se asume que el material reciclado reemplazará al material virgen de la misma forma. Por ejemplo, se cree que el papel reciclado es papel que reemplaza al papel virgen. Sin embargo, en algunos casos, este reemplaza a otro tipo de papel reciclado o a otro material por ejemplo plástico.

Si más o menos los desperdicios son incinerados con recuperación de calor, ¿cuál es la fuente de energía alterna? Esta pregunta es de mucho interés cuando se compara la incineración con recuperación de calor o con otros métodos de tratamiento. Lo mismo aplica para las otras opciones de tratamiento, digestión anaeróbica y confinamiento con colección de gas, donde puede ser generado calor. En el caso de comparar a reciclado con la incineración de papel de empaque puede observarse que las suposiciones concernientes a la fuente de energía alterna pueden ser decisivas para el resultado del estudio.

2.5.5 CONFINAMIENTO. RELLENO, CON GENERACIÓN DE ENERGÍA

Este proceso se basa en la biodegradación de desperdicios realizada en lugares establecidos para el depósito de desperdicios y compactados a una densidad específica. Las capas generalmente se convierten en estratos y la actividad microbiológica toma lugar, la producción de gas comienza⁽²⁰⁾.

La metanogénesis comienza, el sitio es el comienzo de la fase de producción de metano. Para asegurar el éxito del esquema de generación de energía, es fundamental probar las fuentes de gas antes que la construcción de la estación de energía comience.

Este es un proceso de dos etapas, el primero es un estudio teórico de escritorio, en donde se generan una serie de curvas del gas producido. Después se instala el sistema de extracción de gas. Este incluye la excavación dentro del "tiradero" mediante una serie de pozos de extracción y conectados a la tubería. Esto es esencial para la etapa consistente en el aseguramiento de que toda la tubería tendida tenga la adecuada orientación para verter los condensados y funcione adecuadamente. Como este proceso de producción de metano se realiza en el interior del tiradero produce humedad.

La obtención de energía comienza cuando la tubería se conecta a los generadores que deben ser adecuados para utilizar gas de baja calidad.

La biodegradación puede ser acelerada para que se realice en años en lugar de décadas que sirven para aumentar la protección al ambiente mediante la aplicación de la tecnología de bioreactores.

Esta tecnología se basa en la descomposición de alimentos, materia orgánica, papel, desperdicios forestales es decir desperdicios ecológicos del "tiradero" aplicando las condiciones requeridas por los microorganismos para la degradación de los desperdicios.

La condición primordial para la descomposición es el contenido de humedad de los desperdicios. Se deben añadir líquidos a la masa de desperdicios para obtener el contenido óptimo de humedad con rango de humedad de 35 a 45 %.

La Figura 2.1 muestra las diferentes opciones de incineración y confinamiento para el manejo de desperdicios.

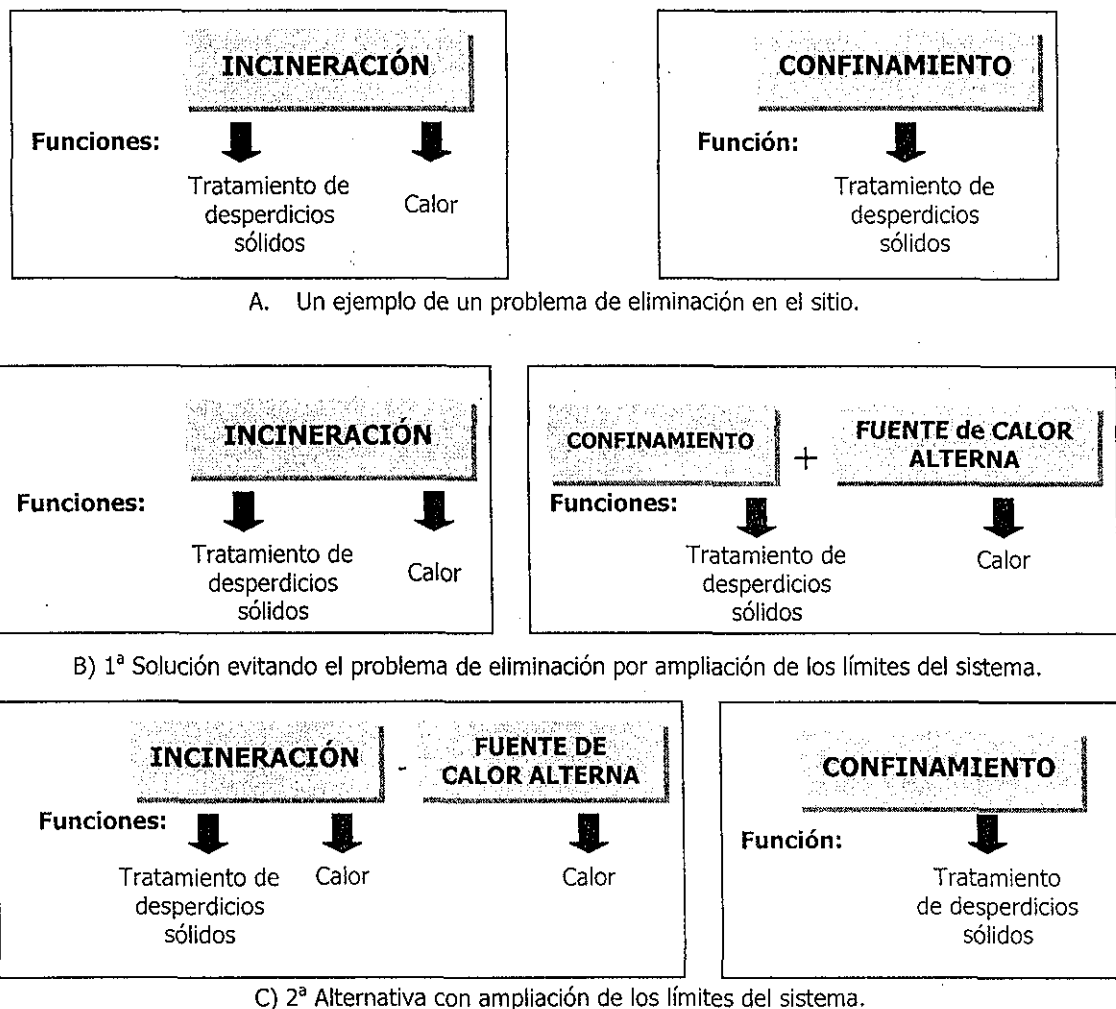


Figura 2.1 OPCIONES de INCINERACIÓN y CONFINAMIENTO.

En México existe un organismo público del estado de Nuevo León, dedicado al procesamiento y recuperación de materiales para reciclado, disposición final, confinamiento y soporte técnico de los desechos, llamado VERDE SIMEPRODESO (Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos) la información de las actividades de este organismo pueden revisarse en el ANEXO B.

La composición de los residuos sólidos producidos en México por región geográfica se muestra en la Tabla 2.6 (Fuente SEDESOL 1999).

TIPO DE RESIDUO	FRONTERA NORTE	NORTE	CENTRO	SUR	D.F.
	%	%	%	%	%
CARTÓN	3.973	4.366	1.831	4.844	5.360
RESIDUOS FINOS	1.369	2.225	3.512	8.075	1.210
HUESO	0.504	0.644	0.269	0.250	0.080
HULE	0.278	0.200	0.087	0.350	0.200
LATA	2.926	1.409	1.700	2.966	1.580
MATERIAL FERROSO	1.183	1.476	0.286	0.399	1.390
MATERIAL NO FERROSOS	0.226	0.652	0.937	1.698	0.060
PAPEL	12.128	10.555	13.684	8.853	14.580
PAÑAL DESECHABLE	6.552	8.308	6.008	5.723	3.370
PLÁSTICO PELÍCULA	4.787	5.120	1.656	1.723	6.240
PLÁSTICO RÍGIDO	2.897	3.152	1.948	1.228	4.330
RESIDUOS ALIMENTICIOS	26.972	21.271	38.537	16.343	34.660
RESIDUOS DE JARDINERÍA	16.091	19.762	7.113	26.975	5.120
TRAPO	1.965	2.406	0.807	2.157	0.640
VIDRIO DE COLOR	2.059	0.934	4.248	0.599	4.000
VIDRIO TRANSPARENTE	4.590	5.254	5.051	3.715	6.770
OTROS	11.500	12.267	12.326	14.102	10.410
TOTAL	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000

TABLA 2.6 COMPOSICIÓN de los RESIDUOS SÓLIDOS por ZONA GEOGRÁFICA en MÉXICO.

CAPÍTULO 3

LA INGENIERÍA DE PROYECTO EN EL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.

En este capítulo se habla del concepto exergía que relaciona al ciclo de vida con la ingeniería de proyecto, al atender los tres aspectos Energía-Economía-Ecología denominados las 3E's. La ingeniería de proyecto es la que hará tangible cualquier estudio de análisis de ciclo de vida ACV, porque deberá atender, las modificaciones de equipo o tecnología; modificaciones de procedimiento o proceso; reformulación o rediseño de productos; sustitución de materias primas, etc. Se incluye las etapas y actividades de la ingeniería de proyecto.

La revolución industrial permitió a las naciones industrializadas alcanzar un desarrollo económico y tecnológico sostenido, del cual resultaron mejores niveles de vida para su población. Sin embargo, tal crecimiento económico y tecnológico trajeron sin pensarse la destrucción de recursos naturales no renovables, el deterioro de ecosistemas acumulación de altas cargas ecológicas que representan un riesgo para las generaciones presentes y futuras de la humanidad en el planeta. Para lograr el desarrollo económico de todas las naciones, deberá existir el equilibrio entre el desarrollo energético y el desarrollo ecológico. Esto permitirá a largo plazo el desarrollo sustentable. El concepto que integra estos aspectos como variables cuantificables es la exergía y juega un papel muy importante para alcanzar tal desarrollo sustentable.

3.1 INGENIERÍA DE PROYECTO

La ingeniería de proyecto es la herramienta necesaria para el desarrollo de cualquier proyecto y el diseño se basará en las operaciones que tradicionalmente se han realizado, aunque la factibilidad económica se considera relevante, es de suma importancia respetar al medio ya que de esto dependerá la calidad de vida para todos.

Consecuentemente, el diseño del proceso necesita enfocarse hacia los menores impactos ambientales así como materiales de menor impacto.

El ambiente no es una simple consecuencia, reúne una amplia y diversa gama de problemas desde el consumo de recursos finitos, agotamiento del ozono estratosférico, calentamiento global, etc. La experiencia ha demostrado que las acciones y procesos pueden dañar el ambiente de forma que aún no está entendida totalmente. No hay respuestas directas, aunque se puede identificar un juego de principios que guíen el diseño del proceso.

Nuestro punto de arranque es la ética que debe imperar en la dirección del proyecto. Esto comienza con el reconocimiento de que es nuestro deber observar a nuestro planeta de forma consciente para conservar recursos y la diversidad de la vida.

Este es el principio involucrado en el concepto de desarrollo sustentable⁽²¹⁾.

"Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".

El consumo responsable es uno de los aspectos trascendentes que contribuyen en gran medida al paradigma del Desarrollo Sustentable, impulsado por numerosos organismos internacionales.

Como diseñadores se debe buscar minimizar el tiempo de vida del impacto ambiental de lo desarrollado y la pregunta clave obligada referente al flujo de los recursos materiales sería ¿están contenidos dentro del producto y pueden ser recuperados al final de su vida o qué tan fácil es su degradación, que el impacto ambiental de recuperarlo es mayor que la simple eliminación del producto? El progreso de muchas compañías es por la desmaterialización de sus productos. El diseño ambiental también requiere que los impactos y emisiones asociadas con la manufactura de materias primas, la construcción y mantenimiento de un producto y su fácil eliminación al final de su vida se consideren. En otros términos, a menor generación de residuos más eficiente será el aprovechamiento de la materia y energía, en consecuencia más perdurables serán los recursos del planeta y mayor será el equilibrio ambiental. Este es el fundamento de la llamada Estrategia ya comentada de las "3 R's" Reducir, Reutilizar y Reciclar. Esta nueva metodología y conciencia para diseñar nuevos productos amplía el horizonte y la aplicación de los ingenieros de proyecto al tratar de desarrollar productos ecológicos amigables con el ambiente aunado a la reducción de efluentes dañinos, optimizando el uso de los recursos.

Esta es una tarea difícil y este es el momento más importante para decidir si se emplean recursos locales renovables o recursos no renovables, además de los impactos directos asociados con los materiales. El enfoque debe ser la incorporación explícita de consideraciones especiales dentro de diseño y prácticas estándares con respecto al uso de materiales, consumo de energía por eliminación de desperdicios, control de emisiones a la atmósfera de efluentes, eliminación de desperdicios y reciclado.

Por este motivo, las organizaciones están cambiando a un ritmo vertiginoso para satisfacer a sus clientes y ser más competitivos, más aún están buscando encontrar el equilibrio con el ambiente. Por otra parte, como ingenieros químicos y más aún como ingenieros de proyecto deberá ponerse especial atención a las nuevas necesidades del mundo moderno y diseñar considerando que algunos recursos empleados como materias primas no son renovables y se tendrá que usar el verdadero ingenio para elaborar los productos que la sociedad demanda, sin perjudicar al planeta que es el cliente principal al que se debe tomar en cuenta y no como se ha hecho a lo largo de toda la evolución de la industria, ya que era una práctica solo diseñar para atender la necesidad primaria, sin considerar lo que iba a suceder cuando la vida útil del producto diseñado tan exitosamente culminara. El hombre ha creado para su propio beneficio productos que surgieron de las necesidades vitales desde detergentes, bebidas refrescantes, enormes automóviles, reactores nucleares, computadoras, en fin una gran cantidad y variedad de ellos.

Se sabe que antiguamente un proceso industrial consistía de una serie de operaciones propiamente expresadas como una serie de operaciones unitarias. El diseño y operación de una planta industrial involucraba básicamente un ejercicio en la administración de materias primas, productos intermedios y finales y energía. De ahí que la responsabilidad de ingenieros e industriales consistía en producir sin especificaciones los productos demandados por el mercado. En algunos casos la cantidad de contaminantes enviados a la atmósfera, ríos mar o suelo no eran considerados; es decir se "producía por producir" para romper récords de producción porque los ejecutivos querían demostrarlo a la gerencia, sin considerar el costo ecológico, el costo económico o la rentabilidad de las operaciones.

Se pensaba que no existía una relación directa entre la aplicación de la tecnología para transformar materias primas y energía y el uso de innovaciones tecnológicas para evitar la contaminación ambiental en el sistema ecológico. La producción y la ecología simplemente fueron considerados temas distintos. Nadie pensaba que existía una relación entre ecología y economía. La piedra angular de los negocios estaba orientada a satisfacer las necesidades de sus clientes. Un ejemplo fue que en el pasado se incrementó la producción de alimentos mediante la fertilización de la tierra. La solución fue utilizar fertilizantes nitrogenados y fosfatados. El problema actual es la contaminación de ríos y lagos ocasionada por tales fertilizantes.

Es importante señalar que este tipo de soluciones representó grandes avances que mejoraron la calidad de vida. Ahora al emplear tecnologías es necesario considerar como evitar los daños al ambiente. Es evidente que el planeta y su población están lejos de alcanzar el estado de equilibrio, en este tiempo la revolución industrial no es sustentable, por lo tanto no es posible continuar con el desperdicio de materiales, recursos y energía.

Contrariamente, el modelo que propone garantizar el desarrollo sustentable de la humanidad está basado en la interrelación que debe existir entre Energía-Economía-Ecología llamado de las 3E's y que debe ser soportado por una cuarta que es la educación. Debe enfatizarse que la energía y ecología deben estar soportadas por el uso apropiado de la innovación tecnológica, como se muestra en la Figura 3.1.

El paradigma propuesto simboliza la eficiente transformación ética y racional de energía renovable y no renovable y la transformación de materiales hacia un desarrollo consciente y responsable que satisfaga no sólo a los clientes sino también al ambiente y la sociedad de la cual la industria es un elemento.

Respecto a la innovación tecnológica la cual debe soportar al desarrollo industrial y ecológico, proporciona las numerosas interacciones entre ciencia, tecnología y las actividades relacionadas con la innovación dentro y fuera de las organizaciones.

Por último, la educación no implica únicamente la formación de recursos humanos en todo el mundo, pero sí la formación de seres humanos que estén conscientes y racionalicen el uso de energía, involucrándose con el cuidado del ambiente.

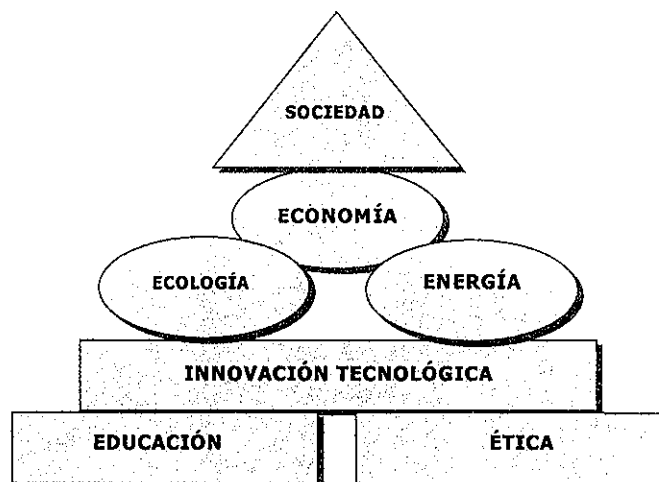


Figura 3.1 NUEVO PARADIGMA para el DESARROLLO SUSTENTABLE⁽²²⁾.

Además la educación y la ética, deben estar sobre bases sólidas que enseñen la innovación tecnológica que permita la utilización óptima de la energía sin el deterioro del ambiente involucrándose desde los ingenieros responsables del diseño del producto, a los fabricantes y por último a los usuarios ⁽²²⁾.

En el momento de desarrollar la ingeniería de cualquier proyecto se deberá tomar en cuenta el desarrollo sustentable. Las consideraciones especiales tienen que estar establecidas bajo el esquema de reducción de consumo de energía y emisiones de gases de efecto de invernadero "greenhouse gases", además de la administración de recursos y conocimiento del ambiente.

El buen diseñador también considera la reducción de los sitios de desperdicio. La ingeniería de proyecto está involucrada con todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto desde su concepción inicial hasta su arranque final y operación. Estas etapas incluyen:

- Concepción del proyecto
- Desarrollo
- Financiamiento
- Diseño
- Construcción
- Arranque
- Administración de activos.

Al aplicar el conocimiento del análisis del ciclo de vida del producto, como una metodología para el desarrollo de nuevos productos se logrará cumplir con los satisfactores al cliente, ofreciendo un producto ecológico, "green product" y lo más importante es que se tendrá un mejor ambiente, por la reducción de efluentes, optimización en el uso de energía y estudio integral de los residuos que se obtengan durante el proceso de ese producto.

En el desarrollo de un producto la administración del proyecto será la responsable directa de la buena ejecución del proyecto, los grupos de conocimiento se basarán en lo que se requiere por el proceso "las entradas", que ocurre durante el proceso y cuáles serán los entregables, es decir "las salidas"⁽²³⁾.

Durante el diseño del nuevo proyecto se deben revisar y analizar las alternativas para el mejoramiento de un producto o bien la mejor opción en el diseño del nuevo producto, bajo las diferentes etapas de ingeniería de proyecto.

Dentro de la ingeniería para desarrollo de un proyecto continúa el esquema de las etapas siguientes:

- Ingeniería Básica
- Ingeniería de Detalle
- Ingeniería de Procura
- Construcción.

En el diseño de un proyecto se establece la base de trabajo a ejecutar en horas hombre "H-H".

3.2 INGENIERÍA BÁSICA

La ingeniería básica, deberá analizar todas las variables como son: seguridad, calidad y los criterios ecológicos de reducción de materia y energía, reuso, reciclado, etc. que se explicaron con detalle en el capítulo anterior.

Los documentos que se desarrollan en este paquete son:

Bases de Diseño, Descripción del Proceso, Lista de Equipo, Balances de Materia y Energía, Información Complementaria que son los datos de proceso requeridos para el diseño de tubería e instrumentos, Requerimientos de agentes químicos, servicios auxiliares y especificación de efluentes, Diagramas de Flujo de Proceso, Diagramas de Tubería e Instrumentación, Planos de Localización de Equipo, Listas de Líneas, Hojas de Datos de Equipo de Proceso; Especificaciones de Tuberías; Índice de Instrumentos; Hojas de Datos de Instrumentos; Hojas de Datos de Válvulas de Control; Hojas de Datos de Válvulas de Seguridad; Diagramas de Circuitos Lógicos de Control; Especificación del Sistema de Control Distribuido y Requerimientos para el Cuarto de Control; Lista de Equipo de Seguridad; Filosofías Básicas de Operación; Manual de Operación; Plano de Notas Generales, Leyendas y Símbolos; Especificaciones Generales y Prácticas de Ingeniería.

Dentro de esta información se incluye a todos y cada uno de los productos que se manejen en cada planta es decir tanto a los productos involucrados directamente en el proceso como los productos llamados servicios auxiliares que también son necesarios para llevar a cabo el proceso.

3.2.1 EL CONCEPTO DE EXERGÍA Y ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

El análisis de exergía está basado en la primera y segunda leyes de termodinámica y está definida como la cantidad máxima de trabajo potencial de un sistema o una forma de energía en relación con los alrededores y el medio ambiente. Para localizar con precisión las pérdidas de trabajo potencial en un sistema se tiene que desarrollar un análisis de exergía. La exergía es calculada usando la siguiente fórmula que relaciona entalpía **H**, entropía **S** y temperatura **T**:

$$E_x = (H - H_0) - T_0 (S - S_0)$$

Donde el subíndice ₀ indica la temperatura, presión, composición, etc. del ambiente. El concepto de exergía es capaz de manejar el modelo de las 3E's que son la interacción de energía, economía y ecología.

El balance entre esos tres factores debe conducir a la largo plazo hacia industria con desarrollo

sustentable.

La implicación económica de los resultados de exergía desde el hecho que es una medida de la calidad de energía, y esta a su vez tiene la capacidad para desarrollar el trabajo y de esta manera se podrá asignar costos. El primer término entre paréntesis de la ecuación representa la energía total como entalpía, y el segundo término el total de entropía multiplicado por la temperatura del ambiente se sustrae para obtener la energía neta usada la cual tiene un costo que deberá ser pagado.

La implicación ecológica de los resultados de exergía desde el hecho que es una medida de las salidas hacia el ambiente desde las diferentes condiciones de temperatura, presión, composición, etc. con respecto a las condiciones ambientales, por lo tanto es una forma de medir los efectos y el trabajo que un efluente puede tener en el ambiente. En la ecuación, claramente se menciona que están referidas a las condiciones del ambiente. Tomando esto como base, los aspectos importantes por la implementación de un Programa Integral de Ahorro de Energía son:

- Optimización de estudios de exergía dirigidos a instalaciones industriales
- Implementación física de las medidas generadas por tales estudios
- Monitoreo y evaluación de los beneficios obtenidos
- El desarrollo tecnológico de las metodologías para dirigir tales estudios considerando simultáneamente la energía, economía y ecología (exergía)
- Investigación, desarrollo tecnológico, implementación, monitoreo y evaluación de procesos y equipo específicos integrados óptimamente.

Para desarrollar este análisis, primero tiene que resolverse un balance de materia y energía. El balance de energía muestra únicamente la transferencia de energía en un sistema o proceso, mientras que el análisis de exergía indica la degradación de energía o material en el sistema⁽²⁴⁾.

La gran ventaja de los cálculos de exergía sobre los cálculos de energía es que localiza con precisión en donde aparecen las pérdidas reales. Además el contenido de exergía de una corriente de un proceso es una evaluación real de energía, que indica la fracción real de energía que realmente puede ser usada. La exergía proporciona una medida para la calidad de la energía. Esto aplica para los niveles de los componentes de proceso, los niveles de proceso y los niveles del ciclo de vida. La aplicación del análisis de exergía para un sector de producción puede proporcionar ideas de cómo mejorar la sustentabilidad de las actividades comprendidas en el sistema por la reducción de consumo de exergía.

En la industria, los programas de ahorro de energía están muy bien establecidos. En muchos casos existen premios para los trabajadores que presenten las mejores propuestas para el ahorro de energía en instalaciones industriales y seminarios sobre Eficiencia Energética.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

La estrategia tecnológica de la industria puede estar soportada por la investigación y desarrollo en dos direcciones:

1. El desarrollo tecnológico de las metodologías por la incorporación de la simulación existente del análisis de exergía, análisis y optimización de herramientas para dirigir los estudios exergoeconómico y exergoecológico para localizar las ineficiencias y establecer sus consecuencias económicas, y de esta manera determinar el costo real del proceso de producción y evaluar su impacto ambiental.
2. El desarrollo tecnológico de los sistemas avanzados de exergía como son: procesos de destilación adiabática, bombas de calor y sistemas transformadores de calor, unidades de ciclo combinado de gases de combustión y gasificación integrada, sistemas de celdas de combustible.

El trabajo industrial en el campo de la exergía desde el inicio de los 80's ha manejado proyectos como las líneas de metodologías, infraestructura de cómputo, estudios específicos, y recursos técnicos y humanos. Los procesos de investigación aplicados se muestran en la Figura 3.2, En el Instituto Mexicano del Petróleo se han desarrollado algunos proyectos por el grupo especialistas en el campo de exergía.

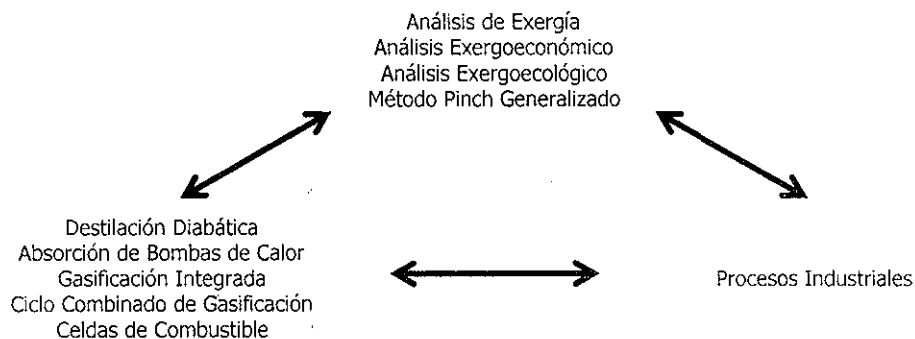


Figura 3.2 PROCESOS APLICADOS por el GRUPO de EXERGÍA del IMP.

Un modelo de proceso de la industria de acero del Reino Unido se ilustra en la Figura 3.3. Los datos usados son una combinación de datos prorrateados de la industria en 1994 aumentados con la publicidad de datos disponibles para procesos auxiliares y servicios. Por la información que se incluye la calidad de energía en adición de la cantidad, la aplicación del análisis de exergía puede conducir a ideas que no pueden ser realizadas por el simple análisis de energía. Por ejemplo, el consumo de exergía de la sección de terminado del acero en el ciclo de vida, da como resultado el 17 % del consumo total. Alrededor del 80 % de esto ocurre debido a la necesidad para recalentar el metal en hornos de combustión de gas natural previos al rolado en caliente. Este proceso consume 3.0 GJ/mt

de acero terminado. El recalentamiento es necesario debido a las variaciones en la demanda relativa desde los molinos de terminado, además de las dificultades en el transporte del acero caliente. La nueva tecnología para la alimentación caliente a los molinos se está introduciendo, esta alternativa de alimentación caliente en forma directa es para hacer al horno de recalentamiento más eficiente. El análisis de energía indica que la única opción para fabricar al acero más eficiente es mediante la transferencia de calor desde el combustible. El análisis de exergía revela otra opción disponible la cual es mejor que empatar el flujo de exergía al horno con la exergía de la corriente de acero en la salida del recalentador. Esto es complementado por una parte de gas natural en la entrada de una turbina de gas para producir electricidad y de esta forma usar su escape para precalentar el acero.

Cuando las diferentes partes del modelo son combinadas, el consumo total de exergía es de 22 GJ/mt. Incrementando la proporción de reciclado puede reducirse el consumo de exergía de todo el sistema. Esto tiene un efecto en el incremento en el porcentaje de utilización de la mayor eficiencia de hornos de arco eléctrico y la reducción de pérdidas debidas a los desperdicios del acero cuando deja el sistema.

Combinando el análisis de exergía con la propuesta del ciclo de vida, puede proporcionarse un perfecto entendimiento del consumo de las actividades sin el ciclo de vida y las revelaciones en ahorro de todos los niveles del proceso y del sistema. En muchos casos estas perspectivas no están disponibles por el análisis convencional de energía.

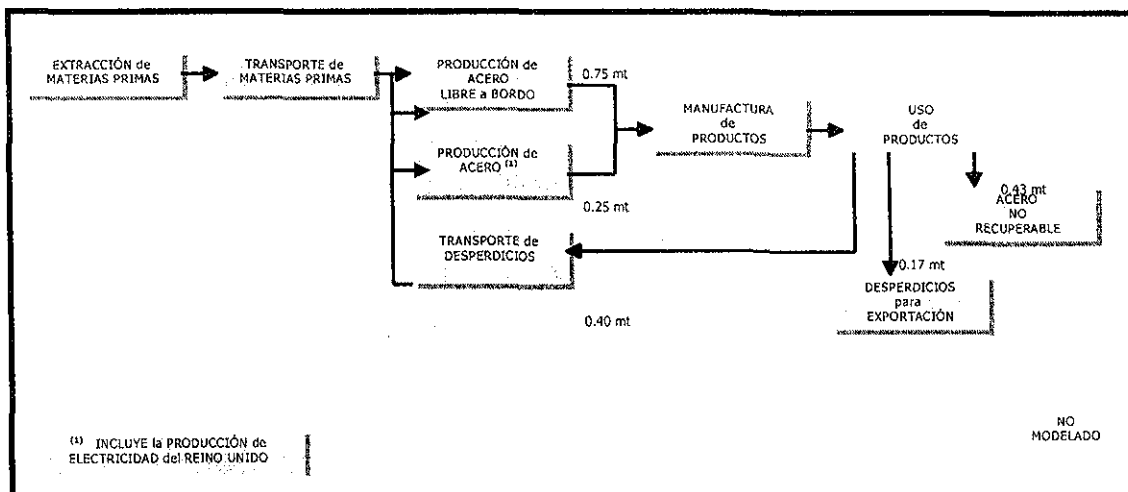


Figura 3.3 MODELO de PROCESO de COMPAÑÍA ACERERA del REINO UNIDO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Administración de inventarios. Consiste en ejercer un control adecuado sobre las materias primas, productos intermedios y finales y en los flujos de los desperdicios relacionados con la manufactura. En muchos casos, los desperdicios son materias primas fuera de especificaciones, contaminadas o innecesarias, etc. El costo de deshacerse de estos materiales representa una carga económica muy grande por lo que deben ser incluidos en los programas de administración de inventarios, si se consideran como productos, ayudarán a incrementar la posibilidad de recuperarlo.

Por otra parte, es más que indispensable para el ingeniero de proyecto, conocer las alternativas existentes para el mejoramiento del material aunque el proceso de fabricación sea único.

Modificación de los procesos de producción. El hecho de mejorar la eficiencia de un proceso de producción puede reducir el origen de la producción de desperdicios. Las técnicas disponibles incluyen:

- Mejora de los procesos de operación y mantenimiento actuales
- Modificación de los materiales usados en la producción
- Modificación del equipo existente o la adquisición de equipo, más eficiente y más económico.

Reducción del volumen de desperdicios. Para lograr la reducción del volumen de desperdicios existen las técnicas de separación de ellos, dependiendo de su clasificación en recuperables o tóxicos y peligrosos. Las técnicas disponibles son variadas pero se encuentran:

- Separación de los desperdicios de la fuente
- Concentración de los desperdicios.

Recuperación de desperdicios. La recuperación de desperdicios no es considerada por la EPA como medida de prevención contra la contaminación, aunque es una alternativa de manejo de desperdicios muy rentable y corresponde al concepto de reducir el impacto ambiental de las actividades industriales.

La reducción de desperdicios, es mucho más que una simple tecnología y debe estar apoyada por la participación de los empleados. Para lograr esta reducción, se puede apoyar con los métodos innovadores de administración. El motivo principal para incorporar la prevención de la contaminación en el diseño y desarrollo del proceso es la rentabilidad en costos. Las decisiones que se toman en las primeras etapas del proceso de desarrollo, determinan de forma directa las actividades posteriores incluyendo los estudios a nivel la elección de equipos y materiales, además del análisis económico del proyecto. Si los aspectos ambientales se resuelven desde la ingeniería básica, es posible prever las consecuencias técnicas, reglamentarias y económicas que podría tener cada opción de diseño.

El "Resultado Total" es que se reducen el riesgo técnico y económico en relación con los aspectos ambientales y estos a su vez pueden traer otros beneficios como tiempo de comercialización más

corto, innovación del proceso, mejor calidad de los productos al intentar producir un producto verde o también mayor eficiencia.

En México por ejemplo, durante más de 50 años de operación, la industria petrolera que es la industria más grande del país, ha sido considerada como fuente de contaminación. PEMEX, en una respuesta proactiva, ha realizado y financiado estudios que determinan su impacto, la riqueza de estos datos se puede aprovechar mediante un enfoque que permita un mejor manejo ambiental de los recursos.

La proyección de la política de combustibles del país previene el uso masivo del gas natural, como sustituto o complemento del gas LP en diferentes sectores de actividad productiva, esto conlleva un cambio en los perfiles de emisiones a la atmósfera.

La ingeniería básica será entonces la responsable de conceptualizar el producto que considere todas las características descritas. Las dimensiones de la planta entonces estarán en función del ahorro de energía, modificaciones al proceso de producción, etc.

3.3 INGENIERÍA DE DETALLE

Como su nombre lo indica en este paquete de ingeniería se realizarán todas las especialidades que complementan y detallan a la ingeniería básica y hacen factible la instalación de una planta, ya que a partir del plano de localización general de equipo, los diagramas de tubería e instrumentación y la información básica del proceso, se desarrollarán los diagramas y planos de las diferentes disciplinas de ingeniería de detalle. Entre las cuales se encuentran:

- Diseño de Equipo
 - Diagramas de internos y dimensiones de equipo encontrándose las mallas separadoras, internos de torres, sistemas de agitación de reactores, mamparas en cambiadores de calor, etc.
- Instrumentación
 - Diagramas lógicos de control para el sistema digital de monitoreo y control
 - Diagramas de cableado y conduit para instrumentos y eléctricos
 - Diagramas típicos de instalación de instrumentos
- Ingeniería Eléctrica
 - Diagramas unifilares
 - Planos de alumbrado
 - Diagramas de alambrado y cableado del cuarto de control y cuarto de baterías
 - Diagramas del centro de control de motores

- Planos de la subestación eléctrica
- Seguridad Industrial
 - Planos de la red de agua contra incendio
 - Planos para el sistema de monitoreo y control del sistema de seguridad
 - Plano de localización de detectores de humo fuego y luz UV para protección de la planta
- Ingeniería Mecánica
 - Planos del sistema de aire acondicionado
- Ingeniería de Tuberías
 - Planos de plantas de tuberías
 - Isométricos
- Análisis de Esfuerzos
 - Planos de detalles para soporte de tuberías, planos de líneas críticas incluyendo líneas de expansión, etc.
- Arquitectura
 - Planos arquitectónicos de las diferentes edificaciones como: oficinas, cuarto de control, casetas de vigilancia, centro de control de motores, etc.
- Ingeniería Civil-Concreto
 - Planos estructurales de soportería
 - Planos de cimentación de equipo
 - Planos de vialidades y urbanización
 - Planos de drenajes pluviales, químicos y sanitarios.
- Ingeniería Civil-Acero
 - Planos estructurales de soportería, plataformas y escaleras, pasarelas, etc.

Esta es una lista resumida que incluye los planos desarrollados por cada especialidad. Dentro de este gran conjunto de información, cada especialidad de ingeniería de detalle, elabora las especificaciones generales y particulares requeridas para la instalación y construcción así como los volúmenes de obra y requisiciones de equipos y materiales.

Las requisiciones desarrolladas por cada especialidad de ingeniería, son documentos que incluyen desde el aspecto técnico la descripción del alcance, la hoja u hojas de datos de los equipos requisitados bajo un número perteneciente al proyecto, las especificaciones generales y particulares; además deben integrarse las normas y códigos que apliquen y el cuestionario técnico.

El departamento de Procura complementa las requisiciones en el aspecto comercial.

Es importante mencionar que el éxito en la ejecución de todo proyecto es la eficiencia del manejo y control de todos los recursos. Como se observa este gran bloque genera una gran cantidad de información y depende de lo establecido en la ingeniería básica. Los cambios que llegaran a generarse durante el desarrollo del proyecto indudablemente afectarán a la ingeniería de detalle, por lo que es muy importante establecer claramente el Alcance del Proyecto desde el inicio.

3.4 PROCURA

En esta etapa del proyecto se lleva a cabo la adquisición de equipo y materiales de acuerdo a las requisiciones desarrolladas por cada especialidad de ingeniería de detalle.

El departamento de Procura debe incluir en cada requisición los puntos que la complementen desde el aspecto comercial. Se debe indicar el tiempo de entrega máximo, penalizaciones, garantía, fianzas, establecer las condiciones de pago o bien solicitar el plan de cada proveedor, las partes de repuesto para el arranque y dos años de operación, asistencia técnica y los respectivos manuales de fabricante. Esta especialidad tiene una gran responsabilidad ya que existen omisiones que pueden originar el retraso en el arranque de una instalación proyecto, algunas de ellas se indican en la Tabla 3.1.

RESPONSABLE		PROBLEMA
CLIENTE	PROVEEDOR	
✓	✓	Falta de comunicación escrita, oportuna y clara entre cliente y proveedor.
✓	✓	No establecer en los contratos todos los aspectos a los que deberá sujetarse el proveedor como son: fechas de pago, recepción de documentos en las fechas programadas, definición del alcance, cláusulas de escalamiento o ajuste de precio por paridad de la moneda nacional frente a otras divisas.
✓		Imprecisión de las especificaciones técnicas, quedando indefinido el alcance de la requisición.
✓	✓	Indefinición de responsabilidades de transporte, instalación, puesta en marcha, trámites aduanales en caso de requerirse.
✓	✓	Pasar por alto las ampliaciones o modificaciones al contrato aún siendo de común acuerdo.
	✓	No establecer claramente los planes de financiamiento en función de los parámetros para ajuste de precio.
✓		No incluir cláusulas de contingencias por causas de fuerza mayor.

TABLA 3.1 CAUSAS que PROVOCAN RETRASOS por OMISIONES del DEPARTAMENTO de PROCURA.

El grupo de especialistas que generaron las requisiciones vuelve a participar en la comparación y evaluación de las diferentes cotizaciones ofertadas por los fabricantes, al mismo tiempo se interactúa

con los fabricantes o proveedores para las aclaraciones técnicas que surjan y de esta manera ser justos en el proceso de evaluación. La etapa de evaluación técnica antecede a la comercial para evitar evaluar fabricantes que no cumplan técnicamente aunque comercialmente puedan ofrecer la mejor alternativa. En la etapa comercial, es primordial considerar los tiempos de entrega de los equipos para el cumplimiento en tiempo del proyecto. Generalmente para la adquisición de equipo mayor, se establecen programas de las etapas que conforman un concurso o licitación, siendo las siguientes: invitaciones, venta y recepción de bases y/o requisiciones, entrega de ofertas técnica y comerciales entregadas en paquetes separados, evaluación de cotizaciones técnicas, aclaraciones técnicas, evaluación comercial y asignación de proveedor para elaborar el pedido. Esta es la forma más recomendable de adquisición de equipo cuando existen diferentes proveedores o fabricantes. La modalidad de asignación directa a fabricante no es la más recomendable a menos que sea proveedor único en el mercado.

En México, la SECODAM Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo atiende las inconformidades de las compañías que participan en un concurso de obra pública que consideran haber sido descalificadas injustamente. La resolución de cualquier tipo de inconformidad provoca retrasos en el programa de adquisiciones y por lo tanto de instalación.

3.5 CONSTRUCCIÓN

En esta etapa deben atenderse cuidadosamente las especificaciones de los materiales y de construcción, al tiempo de que la supervisión es un factor de vital importancia para que se construya de acuerdo a lo diseñado por cada una de las especialidades de ingeniería de detalle. Al inicio de la construcción de cualquier instalación se requiere en primer lugar de la información generada por la especialidad de ingeniería civil, curiosamente es la especialidad que termina al último de la etapa de ingeniería de detalle sus planos, volúmenes de obra y especificaciones.

El ingeniero de proyecto debe estar consciente de esta situación para aportar toda la información requerida por esta especialidad de otra manera no podrá iniciarse la construcción. No debe omitirse en el desarrollo de un proyecto, la revisión cruzada de la información generada por todas y cada una de las especialidades, esta revisión tiene como finalidad evitar choques y problemas de maniobrabilidad de válvulas, al tiempo que los registros subterráneos sean lo suficientemente amplios e independientes para evitar problemas de interferencia de los sistemas de monitoreo y control de la planta con el sistema de fuerza y alumbrado.

En el caso de montaje de equipo mayor mediante el uso de grúa, se deberá establecer un programa para optimización del tiempo para cada tipo de grúas requeridas en la instalación. Por otra parte, deberá analizarse bajo este mismo esquema lo referente al equipo de radiografiado de tubería. Este programa, ahorrará costos por el alquiler de equipo de montaje y radiografiado respectivamente.

Anteriormente se tenía dentro de los parámetros fundamentales para la adquisición de un terreno para instalación de la planta, los estímulos de los gobiernos para desarrollos industriales lejanos a las zonas habitacionales, también la dirección de los vientos era un factor decisivo, ya que se preveía la emisión de sustancias peligrosas y contaminantes pero que solo se enviaban a otro lugar que ya no pertenecía a la instalación; es decir "fuera de la puerta trasera". El enfoque era muy distinto a lo que pretende la aplicación del análisis de ciclo de vida ACV.

Si se aplica esta metodología desde la concepción del producto se obtendrán plantas que no dañen al ambiente con la magnitud de antaño.

Dentro de los factores que son importantes para la ubicación de una planta se encuentran los políticos, económicos y tecnológicos. Algunas veces la localización del terreno de una planta no es el idóneo en cuanto a las características del suelo, no obstante, con el afán de atender a una necesidad, ya sea porque es el más cercano, o el que ofrece mayores beneficios sociales y económicos a la población por la generación de empleos, infraestructura, captación de impuestos, etc. se tendrán que resolver las deficiencias y diseñar bajo lo disponible.

Una vez localizado y adquirido el terreno donde se instalará la planta, se deberán realizar los estudios topográficos, sismológicos y de mecánica de suelos. Estos estudios, proporcionan los datos de las características del suelo como son capacidad de carga, permeabilidad, dureza, nivel freático, tipo de suelo, si se encuentra en planicie, lomerío, pantano, etc.

De esta información se deriva el diseño de las estructuras que soportarán al todo el equipo de proceso, tuberías edificaciones, etc. nunca será igual construir en un terreno que se encuentra en pantano que en uno con gran capacidad de carga, en el primero se tendrá que pilotear toda estructura para evitar hundimientos. Si el terreno posee niveles muy diferentes, ocasionará que el volumen de movimiento de tierras sea mayor que a otro que se encuentre con poca variación de nivel.

La característica de nivel freático alto, provocará la restricción de instalación subterránea tanto de tubería como de la ductería del cableado de fuerza e instrumentos; para resolver esta situación, generalmente se colocan racks aéreos y mochetas.

Por todo lo que se ha descrito, el ingeniero de proyecto participa en todas y cada una de las etapas de la ejecución de un proyecto, y es el punto de enlace entre las diferentes disciplinas y el cliente. Es decir que es el enlace de todos los recursos humanos dentro del proyecto, de ahí que un buen

ingeniero de proyecto debe ser capaz de manejar con habilidad esos recursos para la obtención del mejor resultado con el mínimo esfuerzo.

Es habitual que se tengan cambios de alcance durante el desarrollo de un proyecto y por lo tanto el tiempo programado se verá afectado; en este caso, aumentar los recursos humanos no siempre es la mejor opción, debido a que a mayor número de elementos mayor número de interacciones de acuerdo a la siguiente fórmula⁽²⁵⁾, la Figura 3.4 nos ilustra lo que sucede al añadir elementos.

$$I = \frac{E(E-1)}{2}$$

donde:

I = Interacciones

E = Elementos

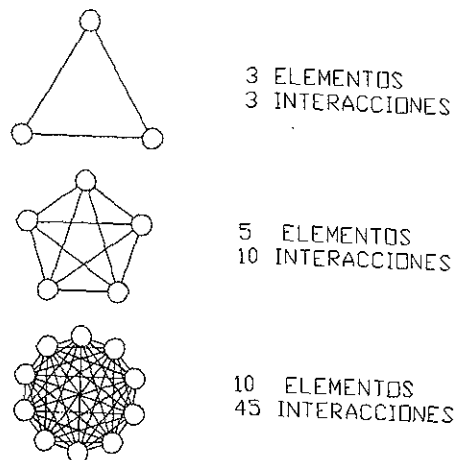


Figura 3.4 MODELO de INTERACCIÓN.

Esta figura nos muestra lo complicado que puede resultar la interacción de varios elementos en el mismo tiempo y espacio. Por esta razón es muy recomendable que el administrador de proyecto realice un buen desempeño, facilitando la comunicación y enlace entre las partes ejecutoras de tal forma que sea mínimo el número de interacciones del grupo de desarrollo de ingeniería, sin que por esto arriesgue el desarrollo del proyecto en cuestión.

CAPÍTULO 4

CICLO DE VIDA DEL POLIETILÉN TEREFALATO (PET).

En este capítulo se demuestra el cumplimiento del análisis del ciclo de vida de un material verdaderamente noble como es el PET que no tan sólo regresa a la "cuna" y no a la "tumba" sino que tiene varias formas de reciclaje ofreciendo mayor ventaja ante otros materiales.

Se atiende el punto recomendado para reducción de contaminación, como es la disminución de material, repercutiendo en ahorros significativos no tan solo en el material como acción directa sino en transporte por manejar menor peso muerto y emisión de contaminantes a la atmósfera. Se incluye el aspecto de Reformulación o rediseño de productos que amplían el uso del PET reciclado al grado de llegar a la posibilidad de ser reemplazado por PET virgen.

4.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL

El diseño de proceso transparente es aquel que adopta la evaluación de impacto ambiental y el análisis del ciclo de vida, un ejemplo específico de este enfoque es para definir los criterios mínimos del comportamiento ambiental y así preparar el diseño.

Como ejemplo de productos amigables se tiene a la mayoría de los plásticos debido a que conservan recursos y dejarán una pequeña huella en el planeta, porque con un poco de cuidado pueden ser reciclables, y su recolección para reciclado se ha incrementado rápidamente.

El reciclado del plástico se ha convertido en una gran industria que en el año de 1999 manejó aproximadamente seis veces más que en 1986. El Consejo Americano de Plásticos (APC, American Plastics Council) cree que el reciclado de plásticos se convertirá en el segmento más maduro y eficiente de la economía nacional de EUA. La capacidad para procesar material y la demanda del mercado para la recuperación de resina plástica, exceden actualmente la cantidad que el postconsumidor de botellas recupera de la corriente de desperdicio. En 1999 más de 750 000

toneladas de botellas de plástico fueron recicladas y cada año la cantidad de botellas de plástico se incrementa por millones de libras mientras que el rango del reciclado se ha establecido en 23 %. El volumen se incrementa mientras el rango permanece estático debido al resultado del incremento continuo en el número de botellas de plástico usadas para empaque se incrementa por la variedad de productos⁽²⁶⁾.

Los mercados para el reciclado de plásticos están estables en muchas secciones y expandiéndose en muchas otras. Este organismo cuenta con información actualizada que incluye una lista de más de 1300 productos fabricados con plásticos reciclados.

El mercado mayor, es el de reciclado de botellas de PET y que además sirve para fabricación de alfombras y textiles empleados para ropa, mientras que el principal mercado para el polietileno de alta densidad (HDPE) reciclado es la fabricación de botellas.

La industria de vigas de plástico está empezando a progresar y con los nuevos estándares de la (ASTM, American Society for Testing Materials) están preparando el camino para usar estos materiales en aplicaciones estructurales, aunque en este momento se encuentran en etapa de prueba pilotes marinos y durmientes de ferrocarril fabricados de plástico reciclado. Para muchos productos esto significa mayor vida útil y menor mantenimiento, lo cual se traduce en disminución de costos comparándose con la vida de productos hechos con otros materiales. Esta es una condición más que aporta el análisis de ciclo de vida en el desarrollo de un nuevo producto⁽²⁷⁾.

El suministro de plásticos reciclables que son las materias primas que alimentan a la industria proviene de las casas y esto lo hace un factor limitante. Más de 20 000 comunidades americanas tienen acceso a programas de reciclado de plásticos, aportando 63% de la población, botellas de plástico el 95 % de ellas manufacturadas de PET y HPDE.

El Consejo Americano de Plásticos ha iniciado un programa para incrementar el reciclado de botellas de plástico y trabajará con las comunidades para educar a los consumidores. Este programa está apoyado por varias asociaciones industriales comerciales tales como: la Asociación de Postconsumidores de Plástico Reciclable (APR, Association of PostConsumer Plastics Recyclers), la Asociación Nacional de Recursos para Recipientes de PET (NAPCOR, National Association for PET Container Resources) y la Asociación Nacional de Bebidas refrescantes (NSDA, National Soft Drink Association).

Los materiales reciclados compiten con los materiales vírgenes. Los recicladores naturalmente sienten presión cuando ellos están forzando a los costos fijos de procesamiento y disminuyendo el valor de sus productos terminados. El costo efectivo del reciclado de nuevos empaques requieren de renovados sistemas de educación para los hogares, colectores de material reciclable, las instalaciones de

recuperación de materiales y clasificadores de plástico. El resultado final será una industria más dinámica basada en equilibrio para recuperar más recursos valiosos.

El reciclado de plásticos ha logrado grandes ganancias en los últimos 20 años. Generalmente en EUA la mayoría de los plásticos se reciclan mecánicamente y este proceso se refiere al reciclado directo y conversión de plásticos desde una fuente de materiales hasta la formación de "pellets" (pequeñas esferas). Estos pellets reciclados son entonces reintroducidos en procesos de producción de plásticos para elaborar nuevos productos.

En EUA los residuos de todos los productos plásticos sólo generan el 9.4 % en peso de toda la generación de desperdicios. Cuando cualquier consumidor tiene que desechar un producto, tiene la opción de eliminarlo de manera adecuada o bien tirarla. El reciclado ayuda a conservar recursos y de esta forma los "tiraderos" tienden a disminuir su capacidad. Si además consideramos las nuevas tecnologías descritas en el capítulo II en la que se emplean plásticos para fabricar capas colocadas en el tiradero para prevenir infiltraciones es una forma de aprovechar sus características. Gracias al reciclado, a la reducción de fuentes y la generación de energía a partir de desperdicios, actualmente se requiere que los "tiraderos" sean menos que hace 10 años.

En este momento, sólo se recicla el 27 % de los materiales que pueden ser reciclados. De acuerdo al doctor Winston Porter, quién ayudó a establecer las metas para la EPA, el máximo nivel de reciclado está alrededor del 33 %, lo cual quiere decir que aún no se tiene el control de todos los desperdicios.

Si además se tiene que la fabricación de algunos productos es más rápida que el reciclado. Y que para conservar recursos y apoyar al reciclado en donde él no puede se tendría que utilizar la técnica de reducción de fuentes es decir usar menos "cosas" mediante los aspectos siguientes:

- Crear menos desperdicios desde el origen de un producto.
- Conservar recursos mediante la reducción de requerimientos de energía y materiales usados, es obvio que disminuirán los costos de producción.
- Reducción de menos contaminación y producción de gases de invernadero "green house gases". Es el resultado de que al reducir las fuentes de los materiales, se hacen más ligeros, y estos a su vez; requieren menos materiales y energía en su empaque. También se quema menos combustible para el transporte y por lo tanto se producen menos contaminantes y se libera menos CO₂.

El ejemplo siguiente apoya para la toma de decisiones.

En 1977 cuando se introdujeron al mercado botellas para refresco de 2 litros fabricadas de PET pesaban 68 gramos; ahora, gracias al mejoramiento de las técnicas para elaboración de empaques, el mismo tipo de botella actualmente pesa 49 gramos.

Aproximadamente son vendidas 5 600 millones de botellas de 2 litros, así que la reducción de la cantidad de materiales dentro de la categoría de empaque es enorme, aunque por botella pareciera que no es un gran logro, lo es en ahorro de PET.

Muchos cereales que antes se empacaban una bolsa de plástico dentro de una caja, actualmente se empacan únicamente en PET reduciendo el peso de empaque en 3 onzas. Si por ejemplo se toma la venta de 60 millones de cajas del cereal Froot Loops y ahora se empaqueta sólo en plástico, se ahorra 11.25 millones de libras por año. Es decir un poquito, hace mucho.

Se sabe que México es un país altamente consumidor de bebidas refrescantes y la aceptación de la presentación en PET como material para envasado ha alcanzado tal nivel, que se ha desplazado al vidrio por ser más resistente, más ligero, y es que para un volumen de 500 ml. el envase de PET pesa 28g. mientras que el de vidrio pesa 188 g. Otra ventaja que ofrece al consumidor este material sobre los otros utilizados para este mismo servicio, es que posee baja permeabilidad, un cierre hermético además de la posibilidad de conservar las características de la bebida aún cuando no haya sido consumida totalmente al taparse, al mismo tiempo que puede ser transportada sin riesgo de derrames. Los datos estadísticos de capacidades instaladas y proyectadas por las compañías productoras de PET en México se incluyen en la Tabla 4.1. La capacidad instalada total para el año 2000 fue de 475 000 toneladas anuales.

COMPañÍA	CAPACIDAD INSTALADA Ton / año	PROYECTOS Ton / año	UBICACIÓN de la PLANTA
KoSa	176,000	48,000	Querétaro, Qro.
EASTMAN	120,000		Cosoleacaque, Ver.
GPO. MOSIS & GHISOLFI	108,000		Altamira, Tamps.
KIMEX	55,000		Atizapán, Edo. de México
ACRYLSA(Fisisa-Crisol)	16,000		Veracruz, Ver.
TOTAL	475,000		

TABLA 4.1 CAPACIDAD INSTALADA de PRODUCCIÓN de PET en MÉXICO del AÑO 2000.

La Tabla 4.2 muestra el comportamiento creciente de la producción y la demanda de PET. Como puede observarse, en el renglón de importación de preforma disminuye al grado de que para el año 2001 ya no hubo importación.

La información estadística perteneciente a México incluida en las Tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 y 4.5 fue obtenida de la Asociación Mexicana para Promover el Reciclado del PET (APREPET).

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

		1999	2000	2001
CAPACIDAD INSTALADA	M Ton.	460.0	475.0	523.0
PROYECTOS EXPANSIÓN	M Ton	15.0	48.0	---
TASA DE RECUPERACIÓN	%	93.1	96.7	96.0
PRODUCCIÓN	M Ton	428.3	459.3	502.1
IMPORTACIONES	M Ton	51.3	39.5	40.0
EXPORTACIONES	M Ton	148.7	87.8	75.0
DEMANDA RESINA VIRGEN DE PET	M Ton	330.9	411.0	467.1
PREFORMA IMPORTADA	M Ton	4.2	1.9	---
DEMANDA DOMÉSTICA AJUSTADA	M Ton	335.0	412.9	467.1
CRECIMIENTO ANUAL	%	17.2	23.2	13.1

TABLA 4.2 COMPORTAMIENTO de la PRODUCCIÓN de PET en MÉXICO.

La distribución de los segmentos que emplea PET se indica en la Tabla 4.3.

El PET en México es la resina plástica de mayor acopio para reciclaje la Tabla 4.4 muestra el comportamiento de la oferta y la demanda del PET recuperado para reciclaje, reflejando los esfuerzos de esta industria.

SEGMENTO	PORCENTAJE DE MERCADO
REFRESCOS	52.8
AGUA PURIFICADA	14.9
ACEITE	14.5
ALIMENTOS	7.0
CUIDADO PERSONAL	2.2
AGROQUÍMICOS	1.4
LICORES	0.3
OTROS ENVASES	1.5
OTRAS APLICACIONES	2.4
PREFORMA EXPORTADA	5.0

TABLA 4.3 COMPOSICIÓN del MERCADO de PET en MÉXICO.

		1999	2000	2001
PET RECICLADO POSTCONSUMO	M Ton.	42.5	50.0	55.0
PET RECICLADO POSTINDUSTRIAL	M Ton	20.0	21.3	21.0
PET RECICLADO TOTAL	M Ton	62.5	71.3	76.0
TASA DE RECICLADO	%	19.0	17.0	16.0
CONSUMO DOMÉSTICO DE RPET	M Ton	14.5	16.0	18.0
EXPORTACIÓN DE RPET	M Ton	48.0	55.3	58.0
PORCENTAJE DE EXPORTACIÓN	%	77.0	78.0	76.0

TABLA 4.4 COMPORTAMIENTO de la OFERTA-DEMANDA del PET RECICLADO en MÉXICO.

La caracterización de la recuperación de envases se indica en la Tabla 4.5.

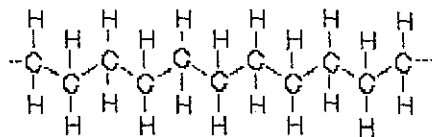
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

		En ZONA METROPOLITANA CD. DE MÉXICO	En el DISTRITO FEDERAL	En el PAÍS
DEMANDA NACIONAL DE PET	Ton / año	124 000	55 800	413 000
ENVASES RECUPERADOS DE PET	Ton / año	48 000	20 500	71 300
PORCENTAJE RECUPERADO PARA RECICLAJE	%	38.7	36.7	17.3

TABLA 4.5 PORCENTAJE de RECUPERACIÓN de PET.

4.2 POLÍMEROS

Los plásticos son polímeros que generalmente en su estructura se encuentra carbón e hidrógeno tales como el polipropileno, polibutileno, poliestireno y polimetil pentano. Aunque la estructura básica de los polímeros es carbón e hidrógeno, otros elementos pueden encontrarse también como el oxígeno, flúor, nitrógeno, fósforo y azufre. Por ejemplo el cloruro de polivinilo (PVC) contiene cloro, el nylon contiene nitrógeno, el teflón contiene flúor, el poliéster y policarbonatos contienen oxígeno. También pueden existir polímeros en cuya estructura en lugar de átomos de carbón tiene silicio o fósforo y son considerados como polímeros inorgánicos. En la siguiente figura, se muestra la estructura de un polímero orgánico:



Al controlar y detener el proceso de polimerización, puede resultar en una organización amorfa. Los polímeros amorfos son transparentes y esta es una característica importante de aplicación tal como empaque de alimentos, ventanas de plástico, lentes de contacto, etc. Obviamente no todos los polímeros son transparentes. Las cadenas en objetos que son translúcidos y opacos están en un arreglo cristalino, pero por definición un arreglo cristalino tiene átomos, iones o en su caso moléculas en distintos patrones. Los ingenieros y científicos están continuamente produciendo mejores materiales mediante la manipulación de la estructura molecular que afecta de manera directa al polímero final producido.

Los polímeros se dividen en dos grupos, los termoplásticos y los termoestables. La mayoría de los polímeros son termoplásticos y significa que una vez que han sido formados, pueden ser reformados varias veces, que no es más que la cualidad que se "explota" para el reciclado estos plásticos tienen la capacidad de refundirse a bajas temperaturas sin ningún cambio en su estructura. Los termoestables,

no poseen esta característica ya que una vez formados, el recalentamiento provocará que el material se deteriore.

Cada polímero tiene muy diferentes características pero la mayoría tiene los siguientes atributos:

- a) Pueden ser resistentes a los productos químicos.
- b) Son buenos aislantes térmicos y eléctricos.
- c) Son muy ligeros y con diferente grado de resistencia.
- d) Se pueden procesar en varias formas desde fibras muy delgadas hasta partes muy complicadas. Los plásticos, se pueden moldear para producir una infinidad de productos, o pueden mezclarse con solventes y convertirse en adhesivos o en pintura. Algunos otros pueden esponjarse como el poliestireno (Styrofoam ®) y uretano.
- e) Son materiales con una apariencia ilimitada en su rango de características y colores.
- f) Tienen muchas propiedades inherentes que pueden ser aumentadas por un amplio rango de aditivos para ampliar sus usos y aplicaciones.

Aunque también poseen desventajas, las cuales pueden ser:

- a) Se deterioran sin descomponerse completamente.
- b) Los plásticos forman un gran porcentaje de basura en volumen; empero, en peso es menor que el de vidrio y metal.

El reciclado es una de las mayores aplicaciones de los plásticos y está creciendo cada día. El material reciclado, puede ser mezclado con plástico virgen (que es material que nunca ha sido procesado antes) sin sacrificar las propiedades necesarias de cada aplicación. Esta aplicación fundamenta dentro del ciclo de vida de producto que se aplique el término "cuna-cuna".

En el inicio cada empresa obtenía sus propios polímeros con características particulares haciendo imposible la unificación e identificación, provocando que el proceso de reciclado no funcionara. En este proceso no deben ser mezclados, aunado a que no todos los plásticos son candidatos a ser reciclados. Aunque puedan presentar características físicas aparentes similares como al tacto o la vista, y una pequeña cantidad pueda ser confundida, provocará que toda esa carga a reciclar se desperdicie. Es por eso que para normar y aplicar la política de reciclado surgió el código de identificación para cada tipo de plástico.

La Tabla 4.6 muestra algunas características de los diferentes tipos de plásticos de acuerdo al código establecido por la Sociedad de Industria de Plásticos (SPI, Society of Plastic Industry). Si bien existen muchos tipos de plásticos, los más comunes son sólo seis, y se les rotula con un número dentro de un triángulo y generalmente es marcado en la base del producto, facilitando la identificación y

clasificación para ser reciclados, ya que las características diferentes de los plásticos exigen generalmente un procedimiento de reciclaje distinto.

Los tipos 1 y 2 son ampliamente utilizados y aceptados para contenedores, el tipo 4 a menudo es utilizado para la fabricación de bolsas. El tipo 7 es para mezclarse o laminarse y no tiene la posibilidad de reciclarse y por lo tanto no se incluye en la tabla.







NOMBRE	PROCESO	USO
 Polietilén Tereftalato PET(PETE)	Se produce a partir del Ácido Tereftálico y Etilenglicol, por policondensación; existiendo dos tipos: grado textil y grado botella. Para el grado botella se le debe post condensar, existiendo diversos colores para este uso.	Es un material claro y resistente tiene propiedades de barrera al gas y la humedad además de que no modifica sus características organolépticas, haciéndolo ideal para bebidas gaseosas y recipientes de alimentos, envases para refrescos, aceites, agua, fibras textiles, envases al vacío, fleje, mobiliario urbano, madera plástica.
 Polietileno de Alta Densidad PEAD (HDPE)	El polietileno de alta densidad es un termoplástico fabricado a partir del etileno y éste a partir del etano. Es muy versátil y se le puede transformar por diversos procesos: Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo.	Es utilizado para empaque en varias aplicaciones porque proporciona una excelente resistencia química. Sin embargo como todos los tipos de polietileno están limitados a aquellas aplicaciones de alimentos que no requieren de una barrera de oxígeno o CO ₂ en forma de lámina es usado para envase de cereales y botanas y bolsas para supermercados. Sin embargo por su gran resistencia química se emplea para recipientes de detergentes, blanqueadores y ácidos
 Polivinil Cloruro PVC	Se produce a partir de gas y cloruro de sodio. Para su procesado es necesario fabricar compuestos con aditivos especiales, que permiten obtener productos de variadas propiedades para un gran número de aplicaciones. Se obtienen productos rígidos o totalmente flexibles (Inyección -- Extrusión -- Soplado).	Posee una gran transparencia, resistencia química, gran estabilidad térmica, estable a las propiedades eléctricas. Los productos de este material se dividen en rígidos y flexibles. Los rígidos incluyen tubería y accesorios, perfiles para marcos de ventanas. El éxito de su empleo en tubería se atribuye a su resistencia al ataque por la mayoría de químicos y la inocuidad a microorganismos.
 Polietileno de Baja Densidad PEBD (LDPE)	Se produce a partir del gas natural. Al igual que el PEAD es de gran versatilidad y se procesa de diversas formas: Inyección, Soplado, Extrusión y Rotomoldeo. Su transparencia, flexibilidad, tenacidad y economía hacen que esté presente en una diversidad de envases, sólo o en conjunto con otros materiales y en variadas aplicaciones.	Predominantemente es usado en aplicaciones tipo película debido a su resistencia, flexibilidad y transparencia como son bolsas para supermercados y ropa de la tintorería. También es usado en la manufactura de tapas flexibles y botellas además de su amplia aplicación en alambres y cables debido a las características de estabilidad eléctrica.
 Polipropileno PP	El PP es un termoplástico que se obtiene por polimerización del propileno. Los copolímeros se forman agregando etileno durante el proceso. El PP es un plástico rígido de alta cristalinidad y elevado punto de fusión, excelente resistencia química y de más baja densidad. Al adicionarle distintas sustancias se mejoran sus propiedades. El PP es transformado en la industria por los procesos de inyección, soplado y extrusión/termoformado.	Debido a que tiene un punto de fusión alto, se utiliza para contener líquidos calientes. Puede presentarse en forma flexible o rígida como puede ser fibras para alfombras o partes automotrices y productos de consumo.
 Poliestireno PS	PS Cristal: Es un polímero de estireno monómero, derivado del petróleo, transparente y de alto brillo. PS Alto Impacto: Es un polímero de estireno monómero con oclusiones de Polibutadieno que le confiere alta resistencia al impacto. Ambas presentaciones de PS son fácilmente moldeables a través de procesos de: Inyección y Extrusión/Termoformado.	Puede ser rígido o esponjoso. Se utiliza cuando la visibilidad es importante como en el empaque de medicinas o alimentos y ciertos usos en electrónica. El poliestireno expandible es utilizado comúnmente para alojar alimentos frágiles o para tazas o vasos de alimentos deshidratados. También en lámina es un aislante térmico excelente.

TABLA 4.6 CÓDIGO de IDENTIFICACIÓN de la SOCIEDAD de la INDUSTRIA de PLÁSTICOS RECICLABLES.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Se sabe que los plásticos son ligeros, durables y fácilmente moldeables, de tal forma que facilitan su manufactura y minimizan el uso de materias primas, la energía consumida para su procesamiento y la generación de desperdicios en la producción de bienes que varían desde automóviles hasta tazas para café. Se considera un material amigable porque posee un nivel de reciclado alto. Su ligereza lo hace más aceptable en el empleo para almacenamiento de bebidas. La Tabla 4.7 muestra el rango de densidad de los materiales utilizados para recipientes.

MATERIAL	DENSIDAD g/cm ³
PP	0.90 - 0.92
LDPE	0.91 - 0.93
HPDE	0.94 - 0.96
PET	1.35 - 1.38
PVC	1.32 - 1.42
PS	1.03 - 1.06
ALUMINIO	~2.10

TABLA 4.7 RANGO de DENSIDADES de MATERIALES para RECIPIENTES.

Las botellas para refrescos de 2 litros utilizan 25 % menos plástico que en 1977 y las bolsas de plástico son más ligeras que las de papel y crean 80 % menos en volumen de desperdicio.

Cuando se traduce a peso y volumen, la diferencia dentro del renglón de transporte es muy grande, por ejemplo para transportar un mismo número de bolsas, si éstas son de papel, se requieren de 7 contenedores y para bolsas de plástico se necesita sólo uno.

Si se compara el envase de vidrio contra el de plástico utilizado para empaque de 18 onzas de mantequilla de cacahuete, se tiene que se ahorra en peso media libra por frasco. Esta diferencia se convierte en algo muy importante cada vez que se transporta el producto, desde el productor al distribuidor, del distribuidor a las bodegas y de estas a los supermercados y es que se traduce al uso de tres camiones si se emplean envases de vidrio, mientras que para el plástico se requerirían sólo dos, sin contar que los frascos de plástico no se rompen.

Continuando con los ejemplos reales sobre las ventajas que se obtienen por utilizar plásticos, en el automóvil Taurus de la Ford comparando entre uno conteniendo partes plásticas y otro que no el ahorro que se tendría por mayor rendimiento de combustible se traduce en 715 USD a lo largo de la vida útil del automóvil, sin considerar la conservación de recursos naturales.

Si este ahorro se multiplica por la cantidad de automóviles de esa marca producidos por año, el total del combustible ahorrado sería de 87 millones de litros.

Las instituciones Army Corps of Engineers, Rutgers University, Earth Care Products Conrail and Norfolk Southern han estado trabajando en un proyecto usando plástico reciclado en la fabricación de durmientes de ferrocarril como alternativa a los tradicionales de madera. El mercado es enorme y es que cada durmiente requiere de 91 kg de plástico, equivalente a 1200 botellas. La Association of American Railroad' Transportation Technology Center, prueba trenes casi las 24 horas del día y no muestran deterioro los durmientes instalados en el circuito de prueba. Este no es un concepto nuevo, ya que en Japón, se utilizan durmientes hechos de material virgen de poliuretano expandido con un refuerzo de vidrio, esto ayuda al tren a correr más silenciosamente.

El mayor beneficio de los durmientes elaborados de plástico es que están libres de mantenimiento por 50 años o más, porque son resistentes a la humedad, a los insectos, a la corrosión, etc.

Este producto de gran calidad, desde el punto de vista ambiental, es amigable al ambiente y económicamente viable como alternativa al producto tradicional proveniente de los árboles el cual tenía que ser tratado previamente con productos químicos para proteger de la intemperie y ataque de insectos. Las vigas de plástico al no ser tratadas con productos químicos, no producen contaminación al suelo. Por otra parte, los problemas por la deforestación así como la importancia de los árboles en la ayuda para prevenir el calentamiento global, se evita y con estos puntos se favorece a consumidores e industriales de este renglón.

Actualmente se usan plásticos reciclados para fabricar vigas que sirven para elaborar objetos para uso exterior como mesas, cercas y juguetes, de esta manera se contribuye a evitar el deterioro de la naturaleza.

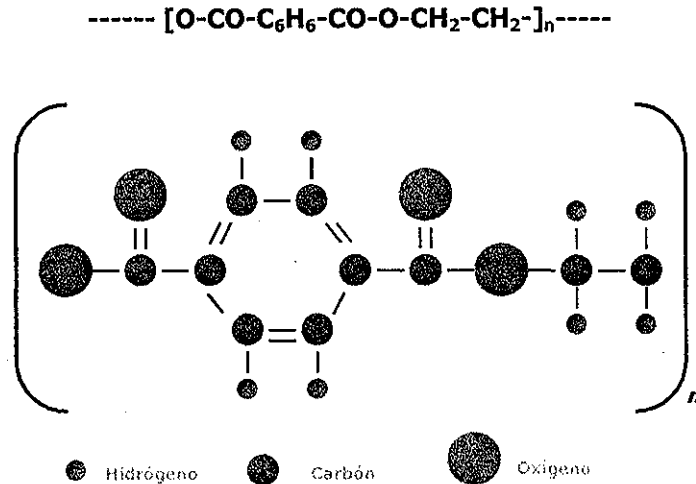
El plástico proveniente de las botellas de 2 litros se convierte en hilos de fibra para la producción de alfombras.

En el peor de los casos en el que los plásticos no puedan ser reciclados, especialmente aquéllos que son enterrados como los pañales o los residuos de los alimentos empacados para microondas, pueden emplearse en los sistemas de energía a partir de desperdicios (WTE) "waste-to-energy system". La energía obtenida por la combustión de los plásticos puede ser convertida a energía eléctrica. El papel cuando se quema produce calor, pero no tanto como el plástico. Además ni el vidrio, ni los metales liberan energía cuando son quemados.

Los polímeros son entonces los materiales de las generaciones del pasado, presente y futuro y sus aplicaciones sólo serán limitadas por la medida de nuestra imaginación.

4.3 POLIETILÉN TEREFTALATO PET

El PET ó PETE que es su abreviatura en inglés, representan al polietilenterftalato ó politereftalato de etileno, cuya fórmula podemos escribir como:



Es una resina plástica derivada de un poliéster. J. R. Whinfield y J. T. Dickinson lo patentaron bajo (U.S. Patent 2 465 319 (1949) British Patent 578 079 (1946)) asignadas a Du Pont en Estados Unidos y a Imperial Chemical Industries. En otra parte las patentes de Cassasa (U.S. Patent 2 518 283(1950)) revelando sistemas de catalización con mejoramiento de blancura, y Pace (U.S. Patent 2 556 295 (1951)) describiendo el proceso de fibras tensadas. La patente de Pace predijo que el PET sería utilizado en cuerdas, telas para ropa, telas industriales, cinturones de transporte, separadores de baterías, mangueras contraincendio y otros artículos⁽²⁸⁾. El PET para botellas de bebidas refrescantes fué patentado por el ingeniero en polímeros Nathaniel C. Wyeth en 1973 para Du Pont.

Se forma por la combinación de dos monómeros: etilenglicol modificado y ácido tereftálico, el PET es el plástico que se etiqueta bajo el número 1 de acuerdo al código y que se aplica en el fondo de los recipientes y botellas utilizadas para envasar bebidas refrescantes, agua, jugos, aceite, cosméticos y limpiadores domésticos.

El PET es un empaque popular para productos alimenticios y no alimenticios, porque su costo es bajo, es ligero, resellable, resistente a rupturas y lo mejor de todo es reciclable.

El polietilén tereftalato reciclado (RPET) puede ser empleado para la fabricación de playeras, y ropa interior, zapatos atléticos, equipaje, tapicería y suéteres, fibras para bolsas para dormir y abrigos invernales, partes automotrices tales como las canastillas portaequipaje, cajas de fusibles, bandas industriales, etc.

La regla general de que los envases debían ante todo proteger el producto y facilitar su transporte ya no es aplicable sin reservas. Los envases tienen que reunir los nuevos requisitos que exigen los consumidores, el comercio y la protección del medio ambiente. Aparte de ser aptos para su función elemental, los envases deben ofrecer la posibilidad de fabricarlos económicamente, de reutilizarlos razonablemente y de eliminarlos con seguridad al final de su ciclo de vida. El tereftalato de polietileno, conocido también como poliéster termoplástico, reúne un alto porcentaje de los requisitos mencionados. Es el material con que se hacen las botellas; no todas, pero cada vez más. El PET está reemplazando al vidrio, pero no sólo eso, sino también y en medida creciente al PVC y otros plásticos con los que todavía se fabrican botellas y envases similares de consistencia sintética. La multitud de evidentes virtudes del PET convencen cada día más a usuarios y consumidores. Ese es el motivo de que este plástico típico para envases, siga progresando.

Según estimaciones oficiales⁽²⁹⁾, la empresa consultora Maak Business Service de Zurich (Suiza) estima que en el año 2005, el mercado mundial de PET para envases ascenderá a 15 millones de toneladas. Eso equivaldría a un crecimiento anual del 16 al 18 %. Del estudio de mercado, los consultores suizos concluyen que cabe esperar un fuerte crecimiento debido a la botella de PET para agua mineral, que a finales del año 2000 sería del orden del 40 %.

Shell Chemicals, uno de los principales proveedores mundiales del material del que se hacen las botellas, apuesta por el PET y su crecimiento. Dicha empresa está construyendo en diversos puntos, nuevas instalaciones o ampliando la capacidad de producción actual. A mediados de 1997 se inauguró al sur de Roma la nueva planta de la filial italiana Sipet, con una capacidad de producción de PET de 90 000 toneladas anuales. En total, Sipet está en condiciones de producir ahora 180,000 toneladas al año. Junto con los centros de producción sites en el Reino Unido, Estados Unidos y México, Shell tenía a finales de 1997 una capacidad de producción de PET de 600 000 toneladas anuales. Están proyectadas varias plantas en el norte y sur de Europa, así como en América Central y en los Estados Unidos. El responsable de Shell Chemicals Europe, está convencido de que a medio plazo proseguirá el rápido crecimiento del consumo de PET y calcula que el índice de expansión anual importará un 10 %.

El reducido peso y la notable resistencia son algunos de los argumentos decisivos a favor de la botella de PET. Así que los puntos a favor de la botella ligera de poliéster deberían dar lugar también al rápido

relevo de la tradicional botella de agua mineral, que en Alemania aún no lo es, aunque el Instituto Fraunhofer de Tecnología de Productos Alimenticios y Envases, domiciliado en Munich, presentó un balance ecológico del que se deducía que implantando un sistema de envases retornables a base de la botella de PET resultarían "claras economías en relación con la demanda de materias primas". El presidente de la cooperativa alemana de Productores de Aguas Minerales (GDB) estima que en su sector tampoco tiene oportunidad alguna de éxito otro material algo más caro que el PET, concretamente PEN (naftalato de polietileno) porque la proporción de aldehído acético, que es considerada una desventaja del PET, es aún más alta en el caso del PEN. Si bien el aldehído acético no es nocivo para la salud, sí altera el gusto del agua mineral embotellada.

En el segundo semestre de 1994 se probaron alternativas a la tradicional botella de vidrio en el banco de pruebas se situaron la botella de 1 litro de PET y a la vez una botella de vidrio, igualmente de 1 litro de capacidad pero aligerada bastantes gramos, aunque conservando el conocido aspecto del envase de vidrio con paredes de menos espesor. Como contrapartida, la botella ligera tenía una capa protectora de poliuretano (PUR).

La botella de vidrio "clásica" pesa vacía 600 gramos, la versión delgada y envuelta en PUR no pasa de 400 gramos. En cambio, la botella de PET es un auténtico "peso pluma" que no pesa más de 80 gramos. Dada una caja de 12 botellas, eso representa una reducción de más de 6 kg y el consiguiente ahorro en concepto de gastos de transporte.

Además de ser una ventaja decisiva para el consumidor, la reducción del peso repercute favorablemente en los gastos de transporte y por lo tanto, es asimismo ventajosa para los distribuidores de bebidas refrescantes. Por ejemplo, para transportar en camiones el mismo volumen de líquido habría que hacer 30 % menos viajes. Dicho en otros términos: eso significaría consumir 30 % menos de combustible y reducir también en un 30 % las emisiones de gases de escape de los camiones, lo que redundaría enormemente en provecho del medio ambiente.

Los envases de PET ofrecen una serie de ventajas en comparación con el vidrio, tanto en el aspecto económico como en el ecológico. Según estima el Foro PET de Ratingen, una oficina de información de renombrados proveedores de PET y consumidores, gracias a la notable resistencia del material polímero es posible alcanzar altos índices de recirculación con el sistema de envases retornables. La Federación de Ecología y Protección de la Naturaleza (BUND), institución conocida por su postura crítica frente al enmascaramiento de los hechos por la industria, confirma que con 20 a 25 ciclos al PET resulta por último más ecológico que la botella de vidrio. La Nürnberger Gesellschaft für Konsumforschung, realizó estudios que pusieron de manifiesto el alto grado de aceptación de los envases de PET entre los consumidores, destacando como ventajas adicionales decisivas, en

comparación con el envase de vidrio soplado, el reducido peso, y el ser irrompible. La mayor ventaja es la excelente posibilidad del reciclaje del material. Las vías ofrecidas para el reciclaje razonable de este material deberían de convencer hasta a críticos más difíciles. El material de que se hacen las botellas en la primera vida del plástico es posible reciclarlo en un 100 %.

4.4 CICLO DE VIDA DEL POLIETILÉN TEREFALATO (PET)

El PET muestra ser un claro ejemplo de la aplicación eficiente del Análisis de Ciclo de Vida debido a que ha logrado cumplir con los requisitos de un producto ecológico porque no sólo aplica las etapas de la "cuna a la tumba" sino que logra llegar de nuevo a la "cuna" mediante los diferentes procesos de reciclado.

La Figura 4.1 en la página siguiente, muestra el ciclo del PET.

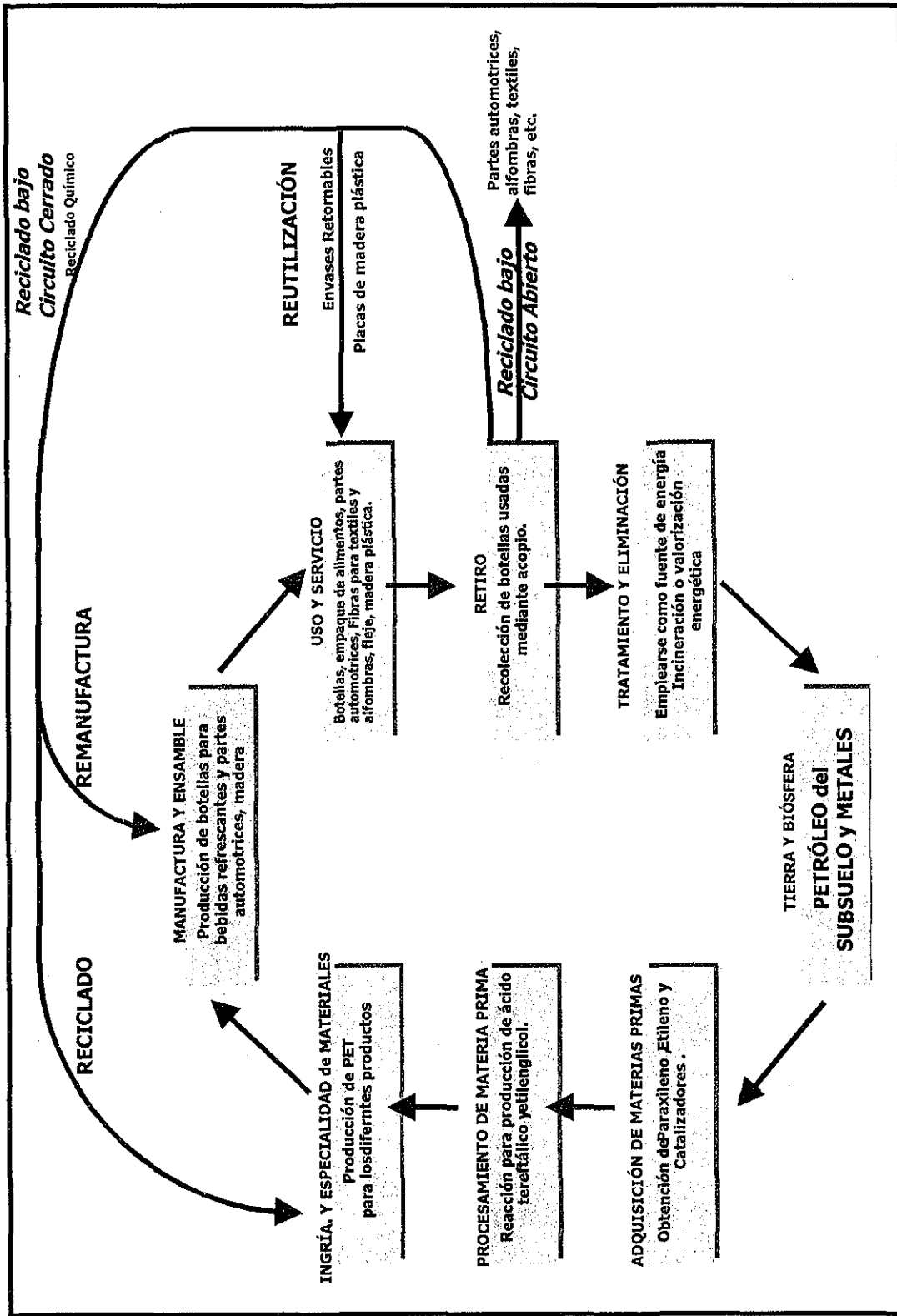


Figura 4.1 DIAGRAMA de CICLO de VIDA del PET.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

4.4.1 TIERRA Y BIÓSFERA

El polietilén tereftalato como cualquier otro producto, requiere de los materiales que aporta nuestro planeta y los materiales requeridos de forma directa para su producción en primer renglón, son el petróleo y los metales que se obtienen mediante la extracción en el subsuelo. El petróleo es la base del polímero y los metales se emplean como catalizadores.

4.4.2 ADQUISICIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Las materias primas se obtienen de petroquímica secundaria como se muestra en las Figuras 4.2 y 4.3

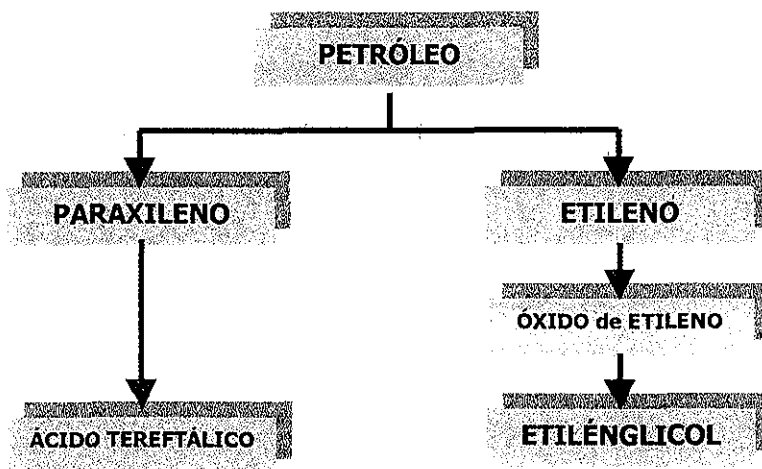
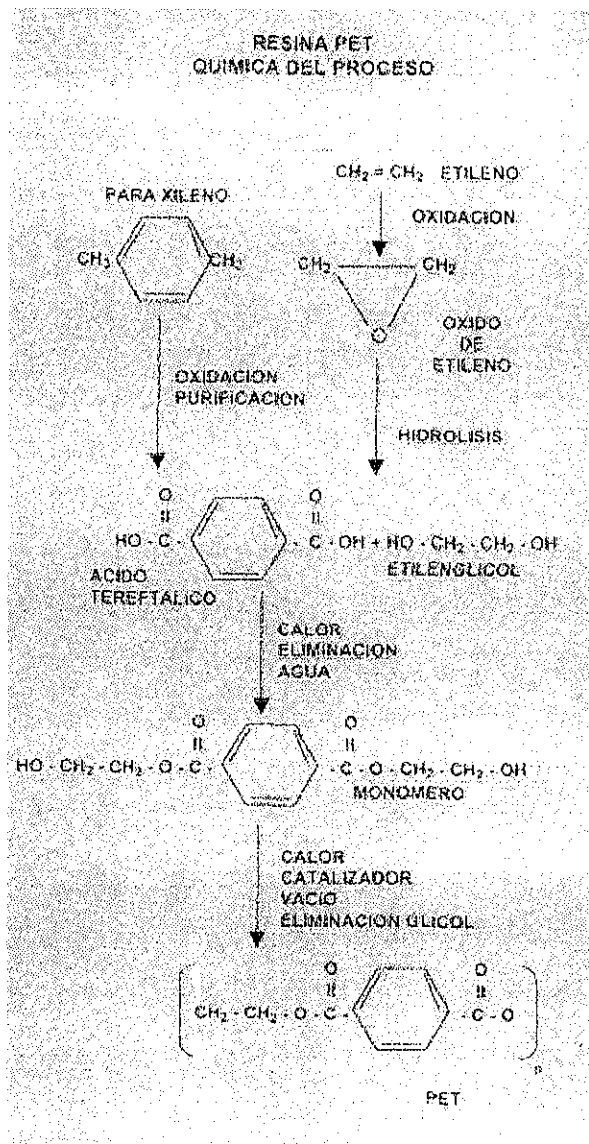


Figura 4.2 DIAGRAMA de FLUJO de MATERIAS PRIMAS.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

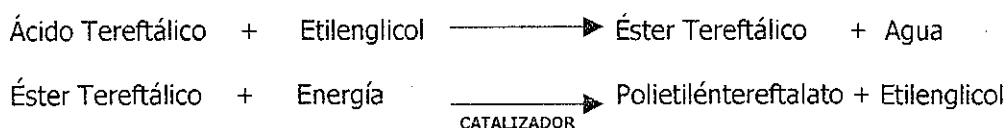
Figura 4.3 REACCIONES para la OBTENCIÓN de PET.

4.4.3 PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

4.4.3.1 OBTENCIÓN PET A PARTIR DE ÁCIDO TEREFTÁLICO Y ETILÉNGLICOL

El método de obtención de PET más empleado es la reacción directa de esterificación del Ácido Tereftálico (TA, tereftalic acid) ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$) con Etilenglicol (DEG, Dietilenglicol) ($\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{OH}$) formando un monómero (bis-2-hidroxietil tereftalato), el cual se somete a una policondensación para

obtener un polímero de cadena larga que contenga 100 unidades repetidas, esta reacción es reversible. Durante la reacción de esterificación se obtiene agua como subproducto, la reacción de esterificación directa no requiere catalizador y generalmente no se emplea ninguno, la fase de policondensación utiliza antimonio como catalizador, que se efectúa en condiciones de alto vacío, libera una molécula de glicol, cada vez que la cadena se alarga por unidad repetida. Conforme la cadena se alarga es obvio que el peso molecular aumenta, traduciéndose en un aumento de la viscosidad de la masa, así como otras ventajas asociadas como proporcionar mayor resistencia mecánica.



Esterificación Directa del Ácido Tereftálico.

Para desarrollar este proceso, se debe resolver el problema de mantener al glicol y el ácido en contacto íntimo lo suficiente para obtener conversiones altas, bajo la condición limitante de la cantidad del ácido tereftálico que sublima. Una solución es desarrollar la reacción en dos recipientes. El primero a alta presión (150 psig) y relativamente baja temperatura (260-300 °C), el segundo a presión atmosférica utilizando un catalizador a relativamente baja proporción mol de glicol-ácido (1.3-1.7).

En la Figura 4.4 el glicol y el ácido son mezclados a una proporción molecular relativamente alta (2.5-3.5), después es inyectado al interior de la entrada final de un intercambiador de calor y descarga a un recipiente de reacción atmosférico. La circulación a través del cambiador de calor es muy rápida, esta operación está libre de catalizador con temperaturas desde 303 hasta 330 °C, proporcionando conversiones de 92-96 % y un grado promedio de polimerización de 7. El oligómero puede ser alimentado directamente al segundo recipiente de policondensación ilustrado en la Figura 4.5. Ambas policondensación y polimerización se realizan muy rápido y en la reacción de esterificación en la cual el subproducto es el agua, es más fácil de remover que el etilenglicol⁽³⁰⁾.

Se requiere de una proporción alta de glicol-ácido para este proceso, así la recuperación económica y reciclado del glicol es imprescindible. Este proceso de reciclado es complicado por la presencia de aproximadamente 1.5 % peso de oligómero en el vapor del domo proveniente del esterificador. El reciclado eficiente es realizado por alimentar los vapores a un recipiente con una sección de atomización manteniéndose alrededor de 165 °C el cual condensa a sólidos libres de solución de glicol-

oligómero para ser recirculado. El domo de este recipiente es operado como una unidad convencional de destilación, porque emplea el calor de desperdicio proveniente del esterificador para eliminar el agua proveniente del glicol. La proporción molecular efectiva de glicol-ácido 1.1-1.5 puede ser realizada en este equipo.

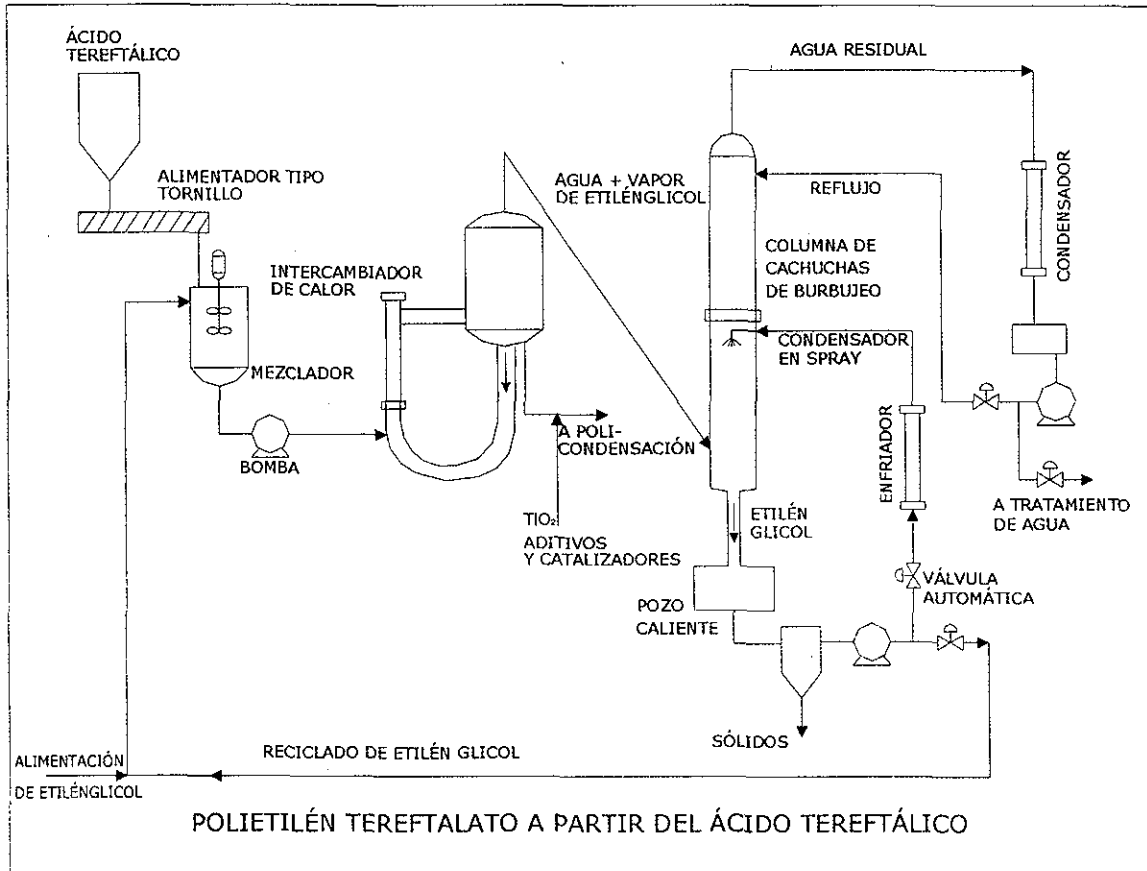


Figura 4.4 DIAGRAMA de FLUJO para OBTENCIÓN de PET a partir de ÁCIDO TEREFTÁLICO.

La Polimerización en Fase Sólida.

Las unidades obtenidas en un equipo de operación continua es decir, por polimerización continua son excelentes para cualquier tipo fibras, películas u objetos para moldes con un peso molecular relativamente modesto (0.6 viscosidad intrínseca). Cuando se requiere de un polímero de gran pureza y peso molecular alto la operación discontinua puede ser más atractiva.

El poliéster puede degradarse por varias formas. Esas reacciones de degradación deben ser controladas cuidadosamente porque ellas interfieren con la polimerización para la obtención de pesos

moleculares altos, por la generación de terminaciones no reaccionantes y desordenamiento del carboxil-hidroxil terminando la reacción. Además la degradación de enlaces éter disminuyen el punto de fusión y fortaleza del polímero mientras el acetaldehído aparece como subproducto siendo indeseable cuando se requiere para fabricación de botellas.

La degradación del polímero puede ser minimizada por polimerización en el estado sólido. En este proceso, los "chips" generalmente provienen de un pulidor convencional que son precristalizados en un secador rotatorio a 140-160 °C, la temperatura es entonces elevada y la polimerización se lleva a cabo bajo condiciones de alto vacío o con un gas inerte de barrido. A temperaturas menores a 200 °C, el proceso de reacción parece controlado. Por encima de esta temperatura, la difusión es un mecanismo dominante. Por esta razón los pequeños "chips" y las temperaturas en el rango de 210-240 °C parecen favorecidas. A causa de que las reacciones de degradación son lentas a esas temperaturas, un tiempo de residencia de varias horas producirá un polímero de alta calidad, con peso molecular alto (de viscosidad intrínseca de 0.85 o superior). Estos polímeros se funden generalmente en tiempos de residencia cortos en fundidores tipo tornillo y son entregados posteriormente al equipo de moldeo apropiado.

4.4.3.2 OBTENCIÓN PET A PARTIR DE DIMETIL TEREFTALATO Y ETILÉNGLICOL

Existe otro método de obtención; el siguiente es una variante del anterior porque se emplea dimetil tereftalato (DMT) en lugar de ácido tereftálico, siendo uno de los productos el metanol. En este proceso, el dimetiltereftalato al reaccionar con el etilenglicol en una reacción de transesterificación para producir el monómero (bis-2-hidroxietil tereftalato) y metanol; como esta reacción es reversible es necesario remover al metanol completamente para terminar de convertir a monómero las materias primas. Para las reacciones de intercambio de éster⁽³¹⁾ se emplea magnesio y/o cobalto y/o zinc. La actividad del catalizador es en consecuencia secuestrada por la introducción de fósforo, por ejemplo en forma de ácido fosfórico al final de la reacción de transesterificación. El monómero entonces experimenta una reacción de condensación (policondensación), el cual polimeriza al monómero hacia PET.

Cuando el monómero sufre esta policondensación, el catalizador empleado más frecuentemente es el antimonio. Si el catalizador empleado en la reacción de transesterificación no es secuestrado con el fósforo el polímero resultante fácilmente se degrada (termodegradación) y tiene un color indeseable muy amarillo.



Transesterificación del Dimetil Tereftalato:

Las autoclaves para proceso batch fueron empleadas en la comercialización inicial pero han sido sustituidas por procesos de polimerización continuos como el que se muestra en la Figura 4.5 para alcanzar economías de escala. Dos reacciones se llevan a cabo, la transesterificación y la condensación.

El primer recipiente al mismo tiempo es reactor y columna de rectificación, consistente de cachuchas de burbujeo y calandria con intercambiador de calor. El etilenglicol, catalizado con sales de metales tales como el Zn^{2+} , Mn^{2+} , o Ce^{3+} , son adicionados justo arriba de la mitad de la columna; el dimetil tereftalato es añadido varios platos abajo.

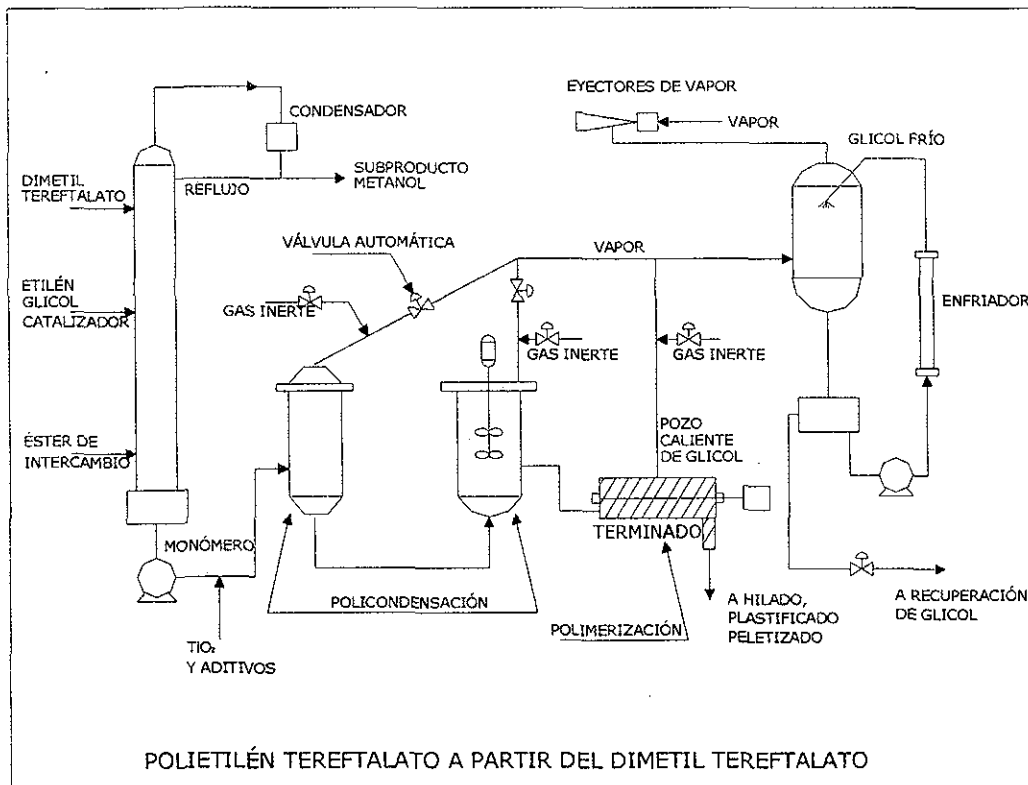


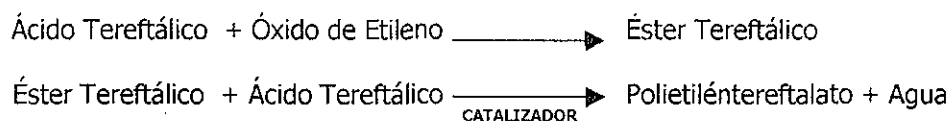
Figura 4.5 DIAGRAMA de FLUJO para OBTENCIÓN de PET a partir de DIMETIL TEREFALATO.

En general, tales columnas son operadas a presión atmosférica con un exceso considerable de glicol (1.7-2.3 mol de glicol-tereftalato) y una temperatura en el fondo de 220-250 °C para alcanzar la alta conversión del metanol. Tales aditivos como el óxido de titanio TiO_2 y los catalizadores de polimerización (por ejemplo sales de Ti, Sb o Sn) son inyectados al polímero que es bombeado al primero de los dos recipientes de policondensación. Esos recipientes son operados incrementando gradualmente la temperatura y disminuyendo la presión (por ejemplo 240 °C y 70 mm Hg para el primero y 270 °C y 30 mm Hg para el segundo) la mayor parte del glicol es removido en fase vapor por la parte superior. Este vapor es condensado y atomizado (spray) para prevenir la acumulación excesiva de sólidos y así regresar para recircularse.

Como la reacción de condensación continúa, la viscosidad se incrementa exponencialmente y la reacción se convierte en una masa de transferencia severamente limitada. Al final del recipiente, contiene agitadores de diseño muy especial que forma capas o películas fugaces de polímero y de esta manera se maximiza la superficie para la remoción del glicol. La configuración del agitador es cuidadosamente modificada a lo largo del recipiente para incrementar la viscosidad con la polimerización. Esos recipientes generalmente operan a 275-300 °C y presiones de 0.5-5 mm Hg. Los recipientes "terminadores" pueden ser agregados al tren de producción si se desea aumentar el peso molecular. Finalmente el polímero es retirado de este equipo mediante una bomba tipo tornillo.

4.4.3.3 OBTENCIÓN PET A PARTIR DE ÁCIDO TEREFTÁLICO Y ÓXIDO DE ETILENO

Un tercer método es el que emplea ácido tereftálico y óxido de etileno pero no se lleva a cabo a escala comercial.



En resumen si el proceso de elaboración de PET es a partir de dimetil tereftalato (DMT) hay dos pasos llamados:

- 1) Transesterificación
- 2) Policondensación.

La actividad del catalizador de la reacción de transesterificación es detenida al final de este primer paso por la introducción de fósforo.

Si el proceso de PET es a partir de ácido tereftálico (TA) también son dos pasos llamados:

- 1) Esterificación directa.
- 2) Policondensación.

Generalmente ningún sistema de catalizador es empleado en la esterificación directa.

En ambos procesos el antimonio es el catalizador preferido para realizar la policondensación.

El acetaldehído es un subproducto indeseable en la producción de PET, el cual puede ser obtenido por la degradación de etilenglicol o por la degradación de la cadena del polímero de PET.

Es bien sabido que el PET es un material para el empaque de productos alimenticios, especialmente en la fabricación de botellas para almacenamiento de bebidas carbonatadas. Es esencial que un catalizador sea usado para hacer comercialmente atractivos los procesos y minimizar el acetaldehído. Cuando se emplea para empaque, no debe poseer ningún compuesto que sea capaz de migrar hacia el producto alimenticio o bebida y deteriore el sabor o el olor.

Las resinas de PET liberan acetaldehído por degradación y de esta manera posee un olor y sabor característico el cual aparece aunque sea en concentraciones extremadamente bajas. El problema es significativamente agudo en el envasado de agua mineral y bebidas carbonatadas, por lo que las botellas proyectadas para este uso no deben contener sino muy baja concentración de acetaldehído.

El nivel máximo establecido de acetaldehído en una botella de poliéster está establecido por los productores de los productos y puede ser mayor o menor dependiendo del producto que se esté embotellando. Además cualquier proceso o técnica que reduzca la concentración de acetaldehído en botellas de PET sería deseable y una ventaja para quienes empaacan sus productos en estos recipientes. La cantidad de acetaldehído presente en la última capa de los artículos terminados depende de los residuos presentes en los gránulos de poliéster antes de que sean fabricados.

Se sabe que cuando se utiliza titanio en la reacción del dimetil tereftalato y el dietilenglicol, acelera la policondensación para la formación del PET; y esto provoca una coloración amarilla del polímero. Para contrarrestar este efecto se emplean compuestos de fósforo y/o compuestos de cobalto para enmascarar el color amarillo y cambiar a coloraciones azules.

En la Tabla 4.8 se listan las patentes que han sido manejadas variando el catalizador empleado para la obtención de PET.

PATENTE	CATALIZADOR EMPLEADO	RESULTADOS
U.S. Pat. No. 3 321 444	Complejo de un álcali metálico como el oxalato de titanio más un compuesto fosfórico como el trifenil fosfato.	No se pierde actividad del catalizador o degradación de color del PET.
U.S. Pat. No. 3 907 754	Sistema de inhibición conteniendo titanio, manganeso, cobalto y fósforo.	Produce una rápida reacción del PET con un buen color.
U.S. Pat. No. 3 962 189	Manganeso, titanio, cobalto. Además de sales de metales alcalinos en bajas concentraciones (2 a 32 ppm).	Produce una rápida reacción del PET con buen color y las sales previenen la baticromía cuando el poliéster es procesado a fibra.
U.S. Pat. No. 4 010 145	Manganeso, titanio, cobalto, fósforo, antimonio como sistema de catalización del PET.	Produce una rápida reacción del PET con buen color.
U.S. Pat. No. 4 356 299	Titanio, antimonio, manganeso y cobalto y catalizador de fósforo.	Sistema para producción de PET a velocidad alta con un buen color. Esta patente es para reducir la concentración de titanio para proporcionar un buen color y un tiempo de reacción rápido y no dirige hacia la generación de acetaldehído.
U.S. Pat. No. 4 357 461	Emplea sales de metales alcalinos, ácido etil diamín tetra acético. Esta patente no recomienda el uso de titanio como catalizador para PET.	Para reducir la generación de acetaldehído inherente en el proceso de fundición del PET empleado para empaque.
U.S. Pat. No. 4 361 681	Utiliza ácido dicarboxílico anhídrido.	Para reducir el acetaldehído en la preparación y procesado de PET que se utiliza en empaque para botellas. Esta patente enfoca el post tratamiento de la preparación del polímero para reducir grupos terminales hidroxietil y de esta manera disminuir el acetaldehído.
U.S. Pat. No. 5 017 680	Incluye el 10 % mol de 1 ciclohexanodimetanol y usando como catalizador de manganeso, cobalto, antimonio fósforo y un complejo de óxido de titanio.	

TABLA 4.8 LISTA de PATENTES para ELABORACIÓN de PET, REFERIDAS en PATENTE US005922828.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

4.4.4 INGENIERÍA Y ESPECIALIDAD de MATERIALES

El PET ha sido conocido por muchos años, así como los procesos de polimerización han sido comprendidos. Muchas operaciones secundarias como la polimerización del estado sólido, la orientación biaxial, la extrusión de compuestos, proporciona la diferenciación entre productos y modifica las características y beneficios para los usuarios finales. De aquí la importancia de la intervención de la ingeniería y especialidad de materiales⁽³²⁾.

Las variaciones del peso molecular del polímero producen diferencias en el comportamiento que son utilizadas en la manufactura de fibras; películas, moldes soplados usados como contenedores y partes moldeadas por inyección. Los materiales reciclados después del post consumo, son también utilizados en la producción de productos útiles. En resumen, el PET es un material muy versátil con una utilización global en diversos mercados y aplicaciones con un alto porcentaje de crecimiento continuo.

La compañía Ticona proporciona una extensa línea de productos basados en diferentes composiciones de poliéster, incluyendo PET reforzado e insaturado y composiciones basadas en PBT (polibutil tereftalato) y aleaciones de poliéster. Recientemente las composiciones produjeron PET reforzado, con propiedades físicas muy fuertes pero sin valores buenos para el impacto. Por lo que los productos no se seleccionaron si se requería de alta resistencia al impacto. La meta de Ticona referente al diseño del comportamiento fué capitalizar las características positivas del PET y reforzar para mejorar la dureza. En febrero de 1998 se introdujo un nuevo producto de línea Impet ® Hi PET que contempla fuerza y dureza. El primer producto de la serie es Impet ® Hi 430, se elabora con resina de PET que modifica el impacto y ha alcanzado las metas de dureza y fortaleza para emplearse en material estructural.

En la Tabla 4.9 se muestran las características del Impet ® en sus diferentes grados.

GRADO	PROPIEDADES
320R	Propósitos generales. Buenas propiedades mecánicas.
330R	Buena estabilidad térmica. Buenas propiedades mecánicas.
340R	Buena estabilidad térmica. Resistencia al impacto alta.
HI430	Alto impacto.
610R	Buen balance de propiedades.
630R	Bajo grado de deformación para aplicaciones estructurales
740	Para aplicaciones eléctricas donde la resistencia a la flamabilidad sea aceptable.
830R	Para componentes estructurales automotrices.
840R	Material con mejoramiento a la alta temperatura. Excelente combinación de fuerza, dureza y resistencia a la deformación.

TABLA 4.9 LISTA de PRODUCTOS Impet®.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las resinas Impet ® son compuestos termoplásticos moldeables por inyección. Los de grado R están hechos con 100% de PET reciclado post consumo. Estos productos ofrecen propiedades mecánicas sobresalientes, resistencia térmica y química superiores. Son ideales para aplicarse en donde se requiera de fortaleza, rigidez, estabilidad dimensional excepcional y excelentes propiedades eléctricas. Todas estas resinas son fácilmente moldeables pero deben estar completamente secas antes de procesarse, preferentemente en un secador dehumidificador para alcanzar las propiedades óptimas. La compañía Plenco (Plastics Engineering Company) de Estados Unidos también ha desarrollado formulaciones grado ingeniería en diferentes coloraciones algunas realizadas con PET reciclado, como se puede ver en la Figura 4.6.

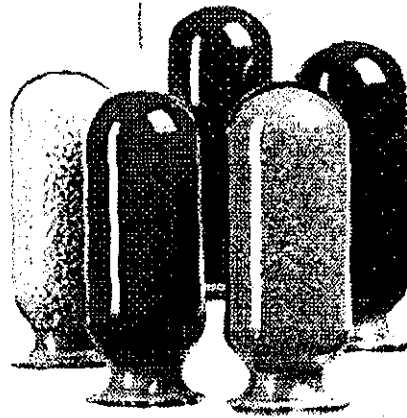


Figura 4.6 PET FABRICADO en DIFERENTES COLORACIONES por PLENCO.

4.4.5 MANUFACTURA Y ENSAMBLE DEL PET.

El uso principal del PET es la fabricación de envases y empaque de productos alimenticios, aunque como ya se explicó se han desarrollado materiales extremadamente resistentes utilizables en partes automotrices.

Las ventajas que ofrece el PET para envasado de bebidas son:

- Disminución de costos de transporte y manipulación: El PET es aproximadamente siete veces más ligero que el vidrio.

- Resistencia del envase porque la biorientación de sus moléculas en la etapa de soplado proporciona una carga superior a 20 kg., provocando una disminución de costos por ruptura de envases, ya que pueden resistir una caída desde 2 m. de altura sin sufrir ninguna deformación.
- Mejora la imagen de sus productos debido a que la transparencia del envase de PET es superior a la del vidrio aunado que no existe producto vertido por rupturas de envases.
- Calidad del producto envasado porque mantiene sus características organolépticas, sin deterioro de las unidades por el transcurso del tiempo.
- Respeto al medio ambiente porque es un material reciclable.
- Evita la oxidación de los productos envasados porque tiene un alto índice de resistencia a la entrada de oxígeno.
- Garantía de calidad del producto envasado porque dispone de un cierre perfecto, como consecuencia del proceso de fabricación (inyección y soplado). Los envases obtienen en su tapa un índice de calidad superior con respecto a otro tipo de material.

El proceso de manufactura que se describe es el empleado para la fabricación de botellas para contener bebidas refrescantes.

El PET puede ser transformado en botella mediante un proceso llamado biorientación de preformas, las cuales son moldeadas en equipos de inyección. El moldeo de tales preformas consiste en la inyección del polímero fundido en la cavidad del molde en la que una vez llena, es enfriada rápidamente para obtener así una pieza con excelente transparencia, libre de deformaciones y una magnífica exactitud dimensional lo cual es esencial para obtener botellas de excelente calidad.

4.4.5.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE BOTELLAS

Las botellas que conocemos se fabrican por etapas, siendo la primera la obtención de la preforma a partir de la materia prima bajo las condiciones especificadas y después el soplado para la lograr la forma deseada de la botella.

4.4.5.1.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE PREFORMAS

El proceso de inyección puede ser dividido en las siguientes fases:

- Secado del granulado hasta lograr que el contenido de humedad sea menor de 40 ppm.
- Fusión del polímero en un equipo de inyección, utilizando de preferencia el husillo que este diseñado especialmente para PET.

- Inyección del material dentro de las cavidades del molde, que normalmente es de colada caliente, aunque los de colada convencional también pueden encontrar alguna aplicación.
- Enfriado rápido del material dentro del molde para obtener piezas de estructura molecular amorfa, es decir, transparentes.
- Apertura del molde y expulsión de las preformas.

Durante el moldeo por inyección de la preforma, se deben controlar perfectamente los siguientes aspectos:

Retención de Viscosidad Intrínseca. La Viscosidad Intrínseca (V.I.) es una medida indirecta del peso molecular, o sea, del tamaño promedio de moléculas que definen al polímero. La Viscosidad Intrínseca de uso general es de 0.8 ± 0.02 dl/g que corresponde aproximadamente a 125 unidades repetidas por molécula y un peso aproximado de 24,000 g/mol. Cualquier disminución en la viscosidad del polímero en su paso de granulado a preforma, significará una reducción del peso molecular. Bajo condiciones controladas de secado y moldeo, la pérdida de viscosidad no deberá ser mayor de 0.03 dl/g. Cualquier pérdida superior a este nivel trae como consecuencia un detrimento en la transparencia de la preforma debido a un incremento en la velocidad de cristalización, acarreado la pérdida de las propiedades mecánicas del envase, particularmente la resistencia al impacto y la carga vertical aplicada sobre la tapa. La pérdida de la viscosidad se debe básicamente a una degradación hidrolítica ocurrida durante el estado de fusión que es donde el agua a niveles superiores de 40 ppm tiene una acción destructiva del polímero. Una segunda causa de la caída de V.I. es la degradación térmica durante la fusión del polímero para inyectarlo. De ahí que se debe emplear un perfil de temperaturas de modelo y velocidades de corte lo más suave posible que permitan la obtención de preformas claras, transparentes y libres de distorsión.

Generación mínima de Acetaldehído. El acetaldehído (CH_3CHO) se genera en pequeñas cantidades durante el proceso de fusión de PET; la cantidad de agua presente no influye en la generación de acetaldehído. Durante la fabricación del polímero el nivel de acetaldehído se controla perfectamente, entregando un producto al mercado con un contenido máximo de 2 ppm. El acetaldehído es un líquido volátil incoloro (punto de ebullición 20.8°C) y que se distingue por su olor a frutas. Precisamente por su olor característico, el acetaldehído ha sido empleado con mucha frecuencia en la industria alimenticia como un saborizante. Debido a la facilidad que tiene el acetaldehído de emigrar desde la pared de la botella y difundirse en el contenido de la misma, la generación de este producto debe ser cuidadosamente controlada durante la inyección de la preforma. El agua mineral así como las bebidas de cola son particularmente sensibles al acetaldehído.

El acetaldehído se genera por la degradación térmica de las moléculas de PET mientras esté en estado de fusión, por lo que tiene una relación directa con la historia térmica del polímero.

Transparencia máxima de la preforma. La transparencia de la preforma está relacionada directamente con el grado de cristalinidad del polímero es decir, el PET es transparente cuando tiene una estructura molecular amorfa; y será opaco cuando esté cristalizado. Cuando el PET se encuentra a una temperatura entre los 85°C y los 250°C, las moléculas tienden a alinearse para formar una estructura cristalina. La velocidad de cristalización es muy lenta en ambos extremos de este rango y es más rápida en el centro, o sea entre 140°C y 180°C. En el punto más alto de la curva de cristalización, alrededor de 175°C, el PET alcanza un grado visible de cristalinidad en menos de un minuto, de tal manera que el polímero debe ser enfriado dentro de la cavidad del molde lo más rápido posible. Debido a que la conductividad térmica del PET es relativamente baja, el contenido de calor en el centro de la pared de la preforma es el principal contribuyente para tener una determinada cristalinidad en la pieza. La tecnología actual del moldeo por inyección está limitada a un espesor máximo de 4 mm aproximadamente. La temperatura de la masa durante el moldeo por inyección tiene un efecto significativo en la transparencia de la preforma. Mientras más elevada sea la temperatura se tendrá una mayor cantidad de cristalitos fundidos, sin embargo, no se puede elevar la temperatura en forma indiscriminada ya que se corre el riesgo de generar una cantidad indeseable de acetaldehído. Algo similar ocurre con la viscosidad intrínseca, ya que entre mayor sea el peso molecular del polímero existe una menor tendencia a la cristalización pero debido a que se requiere una mayor temperatura de fusión se ve incrementada la generación de acetaldehído.

Las ventajas principales inherentes del PET pueden quedar destruidas durante la inyección de la preforma si no se tiene una óptima operación.

4.4.5.1.2 FABRICACIÓN DE ENVASES

Existen en el mercado dos tipos de instalaciones para fabricar envases de PET:

- I. Sistema de dos etapas.
- II. Sistema integrado o de una etapa.

Sistema de dos etapas. La primera consiste en inyectar un preforma en un equipo de inyección el cual deberá tener ciertas características especiales para que pueda procesar la resina y obtener de él un rendimiento óptimo en cuanto a sus propiedades físicas y de transparencia, obteniendo preformas de calidad.

Los moldes deben ser de colada caliente cuando se trata de elevados niveles de producción y deberán tener un sistema de enfriamiento muy eficiente. Estos moldes suelen tener desde 16 hasta 96 cavidades; una vez que las preformas están lo suficientemente frías para que no se deformen o se peguen entre sí, son expulsadas. Posteriormente son manejadas por el equipo de soplado, el cual puede estar en la misma planta o en cualquier otro lugar.

La segunda etapa del proceso consiste en calentar las preformas hasta una temperatura tal que puedan ser estiradas y sopladas, en un equipo de soplado de alta productividad que normalmente se encuentra localizado en las plantas embotelladoras.

Sistema integrado o de una etapa. En este sistema, se realiza el moldeo de la preforma y el soplado de la misma, para obtener el envase en una sola máquina, es decir, los procesos de inyección y soplado están integrados en una misma unidad, por lo que no es necesario sacar las preformas de la máquina para que puedan ser sopladas y llevarlas a su forma y tamaño definitivo.

Aplicación de las bases. Los envases que van a contener bebidas con CO₂, como refrescos, agua mineral o cerveza, deben estar diseñados de tal manera que puedan soportar al dióxido de carbono, significando que deberán tener un fondo que soporte la presión del gas, sin deformarse; los diseños más empleados para tal efecto han sido los de forma esférica en la base y actualmente los de fondo petaloide.

Para poder parar las botellas de forma esférica se hace necesaria la aplicación de bases que pueden ser de polietileno o polipropileno. Para productos que no contengan CO₂, suelen emplearse botellas de base plana o normal donde no se necesita una base adicional.

Muchos productos tales como alimentos, cosméticos y farmacéuticos entre otros, requieren materiales de empaque especiales en donde el color es un importante aspecto que debe ser considerado. El PET en este sentido es ya utilizado con éxito en colores verde y ámbar principalmente en los envases para bebidas carbonatadas y farmacéuticos, así como otras aplicaciones. Claridad y brillo son algunas de las propiedades esenciales que otorga a sus productos.

En el caso de alimentos particularmente, los requerimientos para cualquier envase de plástico son muy rigurosos; pero, el PET en color ha demostrado ser un material apropiado para el manejo de los alimentos, siendo aprobado por la F.D.A., en Estados Unidos y la Secretaría de Salubridad y Asistencia a través del Sector Salud de México.

Concentrados de color. Una de las técnicas para producir envases de PET con color, consiste en pellets de PET con alta concentración de pigmento previamente incorporado, existe también pigmento líquido y en microesferas, básicamente las microesferas son burbujas de un polímero que funde

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

alrededor de 80°C y que contiene en su interior una cierta cantidad de pigmento en polvo, que por contacto directo con la resina se mezcla con el PET.

Los concentrados de color se encuentran en el mercado en una amplia gama de colores y son adicionados al PET natural en una relación establecida por el fabricante, la que determina la intensidad del concentrado e indica la cantidad de resina natural que deben ser mezclados con el concentrado para alcanzar el color deseado. Además del verde y ámbar, existe una gran variedad de colores tales como azul, amarillo, naranja, negro, etc. y el acabado puede ser en las diferentes presentaciones: transparente, translúcida y opaca.

Características de transmisión de luz. Uno de los factores más importantes debe ser considerado en los envases que son utilizados para el manejo de alimentos, cosméticos o productos farmacéuticos es la transmisión de la luz a través de las paredes del recipiente, debido a que se pueden ver afectadas por la radiación de los rayos ultravioleta, cuyo intervalo de longitudes de onda se encuentran entre 300 nm y 450 nm. En este sentido, la resina ofrece mejor protección, no obstante debe tener espesores menores a los de vidrio, lo que hace al PET un material más atractivo y por lo tanto aplicable a una gran variedad de productos.

4.4.5.2 PROCESO DE EXTRUSIÓN Y TERMOFORMADO DE LÁMINA PET

Otra de las aplicaciones importantes de la resina PET grado botella, es la elaboración de envases para los usos más variados por medio del termoformado de lámina.

El proceso de transformación se divide en dos partes importantes: la extrusión de la lámina y termoformado de la misma.

Durante la fase de extrusión se funde el granulado en el husillo continuo. La masa se hace pasar a través de un dado plano ayudado por una bomba a la cabeza del cilindro para controlar el flujo. Saliendo el material del dado, pasa sobre tres rodillos enfriadores con los que se obtiene una lámina amorfa y transparente.

En la estación de termoformado, primero se recalienta la lámina hasta la temperatura apropiada para su procesamiento. Posteriormente se hace pasar a través de unos moldes de dos piezas donde por medio de presión mecánica y neumática se formará el envase requerido. La termoformadora puede estar integrada a la extrusora o puede estar separada. La Figura 4.7 muestra una línea prototipo de termoformado integrada.

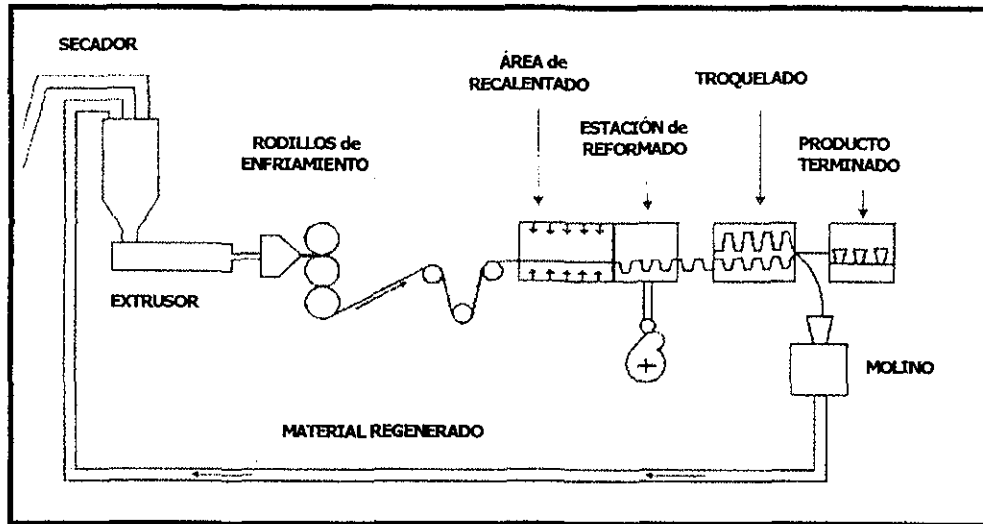


FIGURA 4.7 LÍNEA de TERMOFORMADO INTEGRADA.

Al igual que en la fabricación de envases por inyección – estirado – soplado, esta tecnología incorpora muchos aspectos sobre biorientación, razón por la que este conocimiento es importante en el diseño de envases.

Erema, como proveedor llave en mano, junto con su compañía subsidiaria Warema, pueden entregar la tecnología del equipo de reciclado "botella a botella". Warema por su parte concentra la maquinaria para el proceso de recolección como es la compresora para formación de pacas de botellas postconsumo, trituradora de botellas, lavadora y secadora de hojuelas de botellas de PET.

Erema desarrolló una tecnología de reciclado cuya relación costo-eficiencia es extremadamente compatible con los requerimientos. Después del reprocesado, la calidad de la limpieza está de acuerdo a lo admitido por la FDA, (Food and Drug Administration), los pellets también tienen una viscosidad comparable al del material virgen. En otras palabras el material del PET de botellas postconsumo además de estar limpio también ha incrementado su viscosidad en el proceso. Estos resultados son alcanzados por la asistencia de un sistema compacto con tecnología extraordinaria, cuyos costos de inversión son bajos comparados con los sistemas convencionales, además de los bajos consumos de energía. Los nuevos beneficios del sistema combinado de cortado compactador-extrusor de Erema el vacío para aplicaciones convencionales tales como fibras o película termoformadas el vacío alcanzado es suficiente.

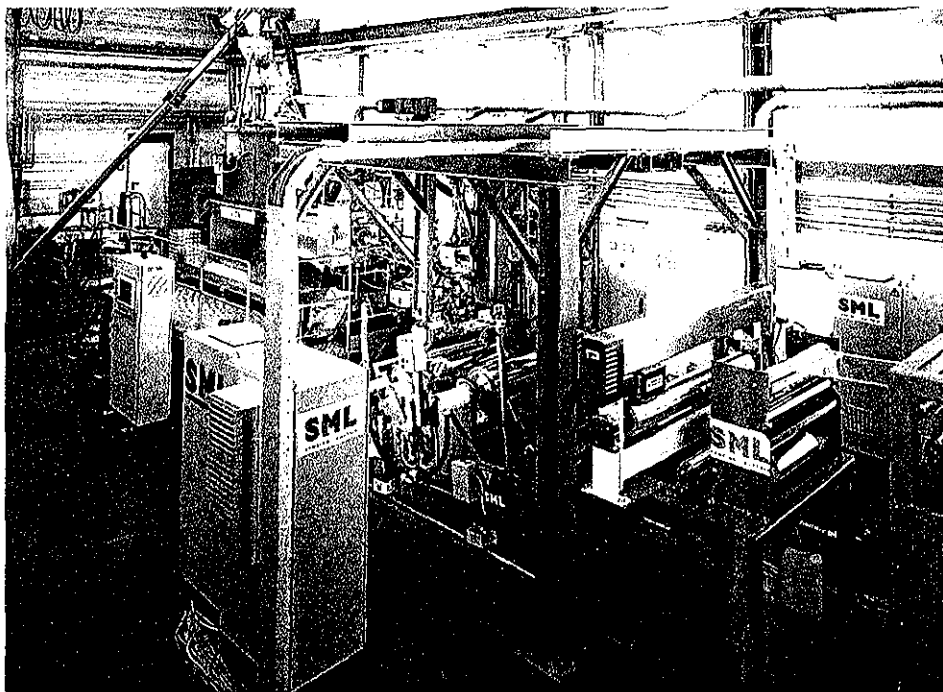
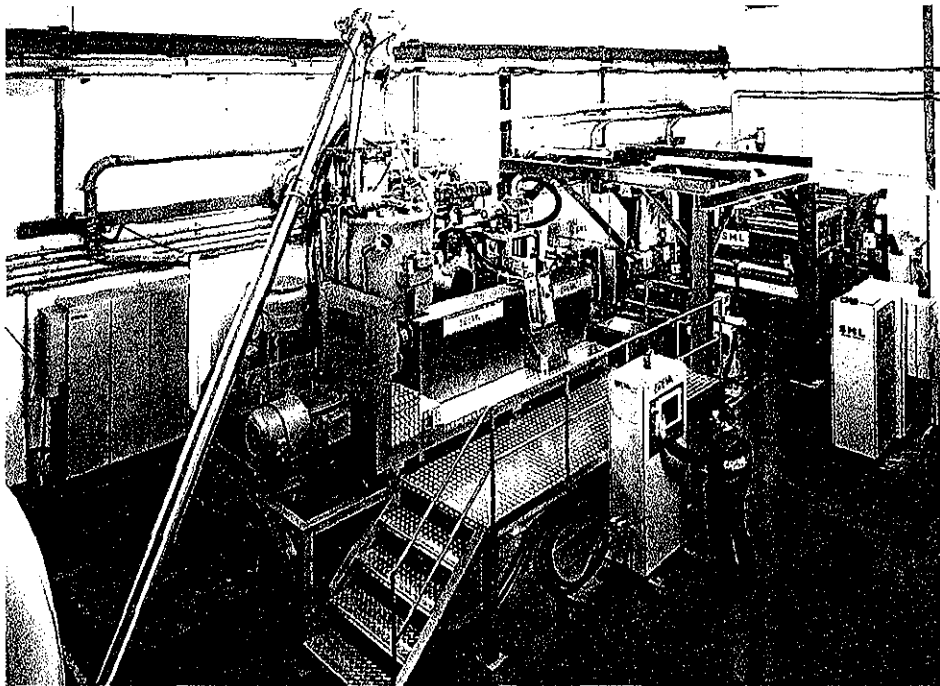


FIGURA 4.8 LÍNEA de PRODUCCIÓN de LÁMINA de PET RECICLADO EREMA SML.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las fotografías bajo la numeración Figura 4.8, muestran una línea de producción EREMA SML de lámina de PET termoformada grado alta calidad, para contener alimentos de forma directa a partir de hojuelas de botellas de PET. Esta compañía cuenta con la certificación y aprobación de la FDA.

4.4.6 USO Y SERVICIO

A lo largo del documento se ha dicho que el PET ha sido un material que ha ganado preferencia por los consumidores y productores de bebidas refrescantes desplazando el uso del vidrio y hasta del aluminio debido a las ventajas expuestas.

Por otra parte, si lo analizamos desde el punto de vista de reuso existen envases retornables que ofrecen mayor ventaja por la cantidad de ciclos que soporta en buen estado.

Si la opción es utilizar PET reciclado como materia prima para la fabricación de nuevos productos, se tienen dentro de este gran grupo a fibras textiles para ropa y alfombras, lámina plana, lámina para termoformar recipientes, placas de madera plástica, fleje plástico de gran resistencia, cuerdas, fibra que se emplean para relleno de ropa invernal y juguetes, mobiliario para transporte urbano, partes automotrices, como amortiguador de ruido en los automóviles. Existe incluso un prototipo de automóvil diseñado casi íntegramente con PET, como componente en asfaltos para pavimentación de sitios que requieran aislamiento de protección.

Debido a su alto poder calorífico, también se utiliza como combustible.

En este momento, se encuentra en etapa de prueba la fabricación de durmientes de ferrocarril así como material estructural para la construcción. Existen desarrollos reales en la aplicación del PET postconsumo que es la madera plástica, cuyas características y propiedades son buenas por lo que es una opción para evitar la tala de árboles mediante el uso de residuos sólidos⁽³³⁾, cumpliendo uno de los objetivos principales del análisis del ciclo de vida.

4.4.7 RETIRO

Dado que el uso mayor del PET es la fabricación de botellas para bebidas refrescantes, por ser ligeros, contribuyen a reducir la generación de residuos, disminuyen el consumo de materia prima no renovable, y la emisión de contaminantes durante su transporte es menor, comparada con la que se produce durante el transporte de envases equivalentes de vidrio y además es un material reciclable se sugiere para el retiro que se acopie para su posterior tratamiento mediante los procesos de reciclado que explican posteriormente con detalle. Acopiar consiste en: recolectar, separar, seleccionar y

acumular los materiales factibles de ser reutilizados ó reciclados del resto de los residuos sólidos. Acopiar es uno de los pasos básicos hacia el reciclaje de los materiales e implica un elevado grado de responsabilidad y conocimiento, si lo que se busca es tener éxito no se debe improvisar.

Materiales como el PET que pueden ser reprocesados para la fabricación de otros productos, tienen que ser en primer lugar recuperados para tener una fuente de abasto segura y constante.

El acopio representa para México un gran reto, ya que depende de la cultura ecológica de la población y de un real compromiso por evitar que los residuos sólidos lleguen a los tiraderos.

En el Anexo C se encuentra la INICIATIVA DE LEY FEDERAL DE ENVASES Y EMBALAJES, A CARGO DEL GRUPO PARLAMENTARIO DEL PARTIDO VERDE ECOLOGISTA DE MÉXICO.

Para crear un centro de acopio de materiales plásticos como los envases de PET, es necesario no considerar lo siguiente:

1. Los plásticos preferentemente, no se deben mezclar, para separar los envases de PET, seleccionar todos los marcados en el centro con el No. 1 en el interior del triángulo de flechas, o con las siglas PET o PETE. De lo contrario se puede correr el riesgo de contaminar lo acopiado, por ende perder todo el esfuerzo de trabajo o será necesario utilizar el proceso de separación que se explica posteriormente. Los envases de PET si no estuvieran marcados pueden ser identificados porque presentan en el fondo un punto central blanco, este es una característica propia del proceso del material.
2. Los envases deben de compactarse.
3. Para lograr un eficiente método de acopio es necesaria la participación de los consumidores. En el Anexo D, se incluyen los parámetros y recomendaciones para el efectivo acopio de botellas de PET de la Asociación Mexicana para Promover el Reciclado del PET (APREPET).

4.4.8 TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN MEDIANTE RECICLADO

El reciclado como se ha dicho, es el reproceso de los materiales, para acondicionarlos con el propósito de volverlos a integrar a un ciclo productivo como materia prima.

Existen dos fuentes del PET factible de reciclar:

PET postconsumo que es el que ya ha sido empleado para alguna de las aplicaciones y habitualmente se encuentra en la basura.

PET postindustrial que es el considerado como merma de producto que no cumple con las especificaciones de calidad pero no ha sido usado y está limpio, es este caso el proceso de reciclado es una remanufactura.

Existen tres maneras de aprovechar los envases de PET que es el producto de mayor volumen de producción. Una vez que terminó su vida útil puede someterse a:

- Reciclado mecánico,
- Reciclado químico,
- Reciclado energético también llamado valorización energética.

4.4.8.1 RECICLADO MECÁNICO

El Reciclado Mecánico. Es el proceso de reciclado más utilizado, el cual consiste en varias etapas:

- Separación,
- Limpieza y
- Trituración o molienda

En la Figura 4.9 se muestra las etapas de limpieza y separación de las pacas de envases de PET, las cuales son previas y necesarias para el reciclado mecánico. Como se mencionó la clasificación y separación de los diferentes tipos de plásticos es indispensable para no desperdiciar la carga por contaminación de los diferentes materiales. Dentro de las recomendaciones para un mejor reciclado se establece el desprendimiento simultáneo del arillo de la tapa llamada "liner" al momento de abrir el envase, o que en su defecto se fabrique de polipropileno PP o polietileno de alta densidad HPDE para facilitar la separación. No es recomendable utilizar PVC, debido a que una pequeña cantidad puede contaminar toda la carga a reciclar.

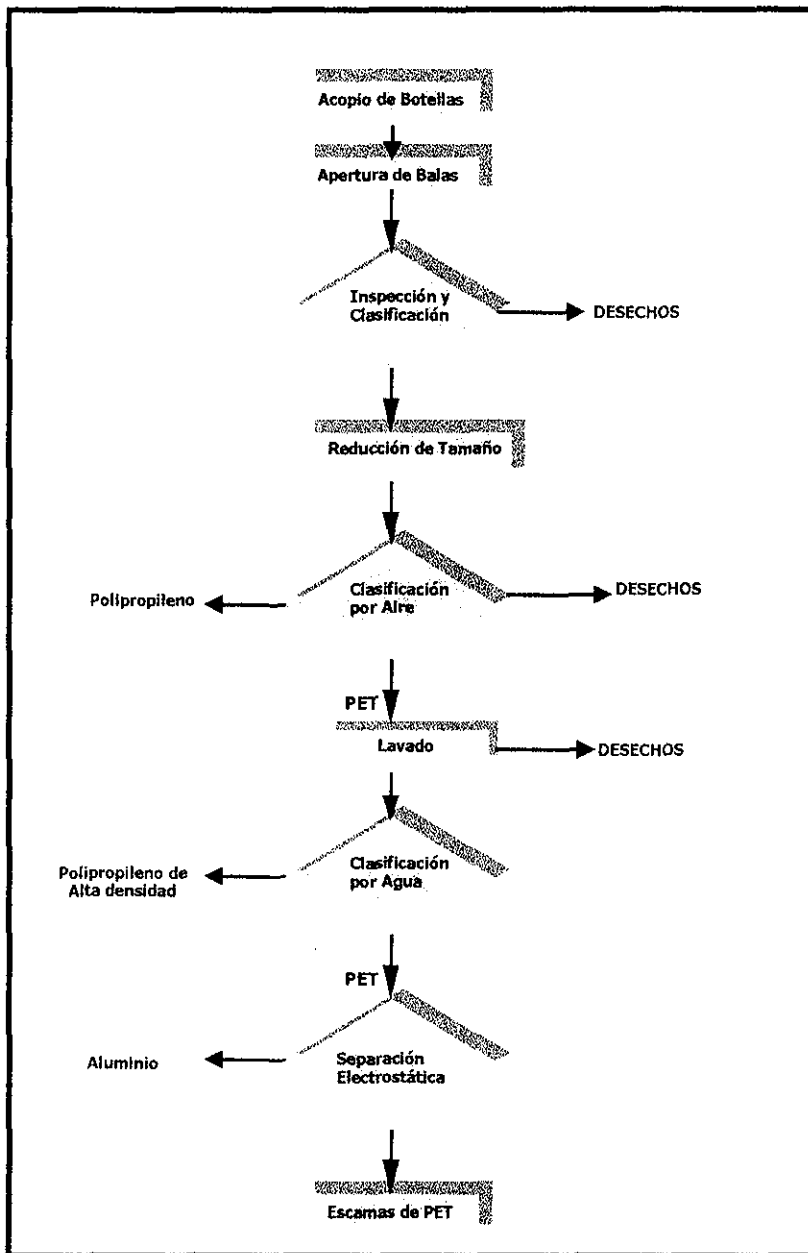


Figura 4.9 ESQUEMA de las ETAPAS de LIMPIEZA y SEPARACIÓN de MATERIALES de BOTELLAS de PET.

El ciclo de vida de las botellas de PET se muestra en la Figura 4.10 y presenta los productos que se obtienen bajo el esquema de Reciclado Mecánico.



Figura 4.10 ESQUEMA de PRODUCTOS ELABORADOS con PET por RECICLADO MECÁNICO.

La patente US 5 849 381 describe el método de producción de artículos utilizando PET repulverizado y está dirigido hacia las pruebas de ruptura y flexibilidad de artículos de PET producidos desde el 40 al 90 % de PET de reuso pulverizado y mezclado en la proporción restante con material virgen. El artículo está caracterizado con una viscosidad intrínseca entre 0.54 y 0.68. al mismo tiempo describe el proceso el reciclado del PET repulverizado⁽³⁴⁾.

4.4.8.2 RECICLADO QUÍMICO

El Reciclado Químico. En este tipo de reciclado, se han desarrollado diferentes procesos, entre los cuales se encuentran, la metanólisis y la glicólisis y se llevan a cabo a escala industrial. El PET se deshace ó depolimeriza, es decir, se separan las moléculas que lo componen es decir regresan al

polímero de origen, y éstas se emplean para fabricar otra vez PET. Dependiendo de su pureza, este material puede usarse, incluso, para el envasado de alimentos.

La Figura 4.11 muestra esquemáticamente el proceso de metanólisis.

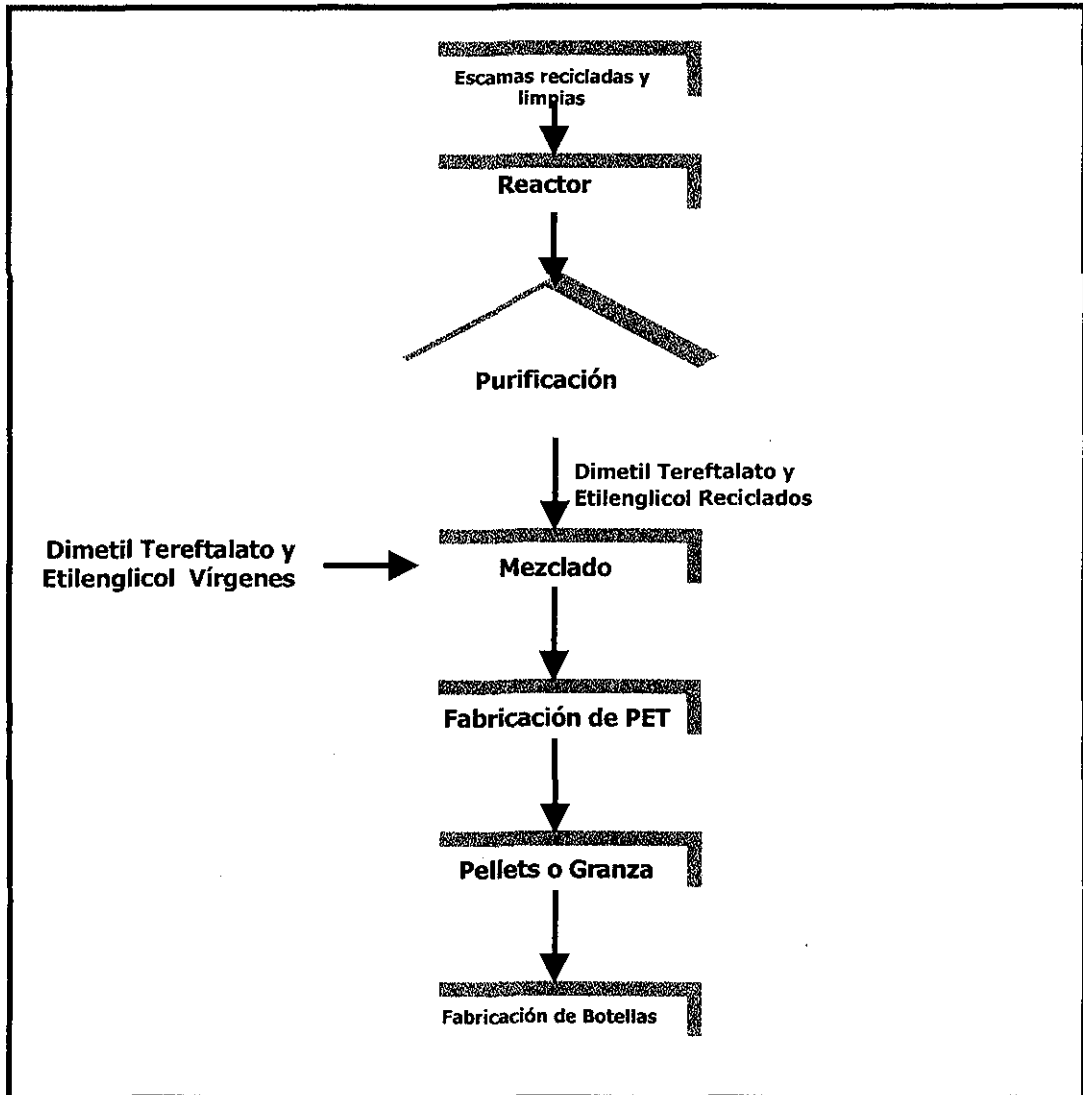


Figura 4.11 DIAGRAMA de RECICLADO QUÍMICO por METANÓLISIS.

La Tabla 4.10 presenta algunas de las características del material manejado por los diferentes tipos de reciclado.

	RECICLADO MECÁNICO	RECICLADO QUÍMICO GLICÓLISIS	RECICLADO QUÍMICO METANÓLISIS
Calidad del desperdicio	Alta	Moderada	Amplia
Costo de operación	Bajo	Moderado	Alto
Calidad del Producto	Moderada	Alta	Virgen
Tipo de Mercado	Reducido	Amplio	Total

Tabla 4.10 COMPARACIÓN de los TIPOS de RECICLADO.

La patente U.S. 5 504 121 habla de la descontaminación del PET. Que es un proceso para la remoción de los componentes del PET por la depolimerización del polietilén tereftalato, condensando el material contenido por el PET reaccionando con etanodiol a su temperatura de ebullición por un período de tiempo predeterminado, para formar una solución que contenga cadenas cortas de polímeros de PET solubles y/o éster de bis (hidroxietil) tereftalato (BHT). Posteriormente es recuperando cadenas cortas los polímeros del PET y/o BHT y etanodiol. Las cadenas cortas recuperadas del polímero de PET se hidrolizan a presión y temperatura elevadas por un periodo de tiempo predeterminado, para formar etanodiol y cristales de ácido tereftálico⁽³⁵⁾. Este proceso es un ejemplo claro de que el reciclado químico bajo circuito cerrado puede llegar a cerrar el ciclo mediante la remanufactura. La Figura 4.12 muestra esquemáticamente el proceso descrito en esta patente.

Dentro de la ingeniería química es posible desarrollar una gran cantidad de procesos utilizando las operaciones para la obtención de materiales y/o productos y en este caso, en el reciclado químico se aprovecha la reversibilidad del PET. El ingeniero tiene como objetivo optimizar recursos y aunque operativamente sea posible desarrollar productos, no siempre es económicamente factible. Como ejemplo de esto es el desarrollo gasolinas a partir de PET reciclado, el cual se encuentra en etapa de investigación.

4.4.8.3 RECICLADO ENERGÉTICO

En este reciclado se emplea al PET como combustible alternativo, los envases pueden emplearse para generar energía ya que este material tiene un poder calorífico de 6.3 kcal/kg, valor muy similar al de otros combustibles y puede realizar una combustión eficiente debido a que es un producto limpio que no contiene aditivos ni modificadores, es decir las emisiones por este proceso no son tóxicas obteniéndose tan sólo bióxido de carbono y vapor de agua. Todos los residuos plásticos tienen un alto valor calorífico y se obtiene energía de calidad.

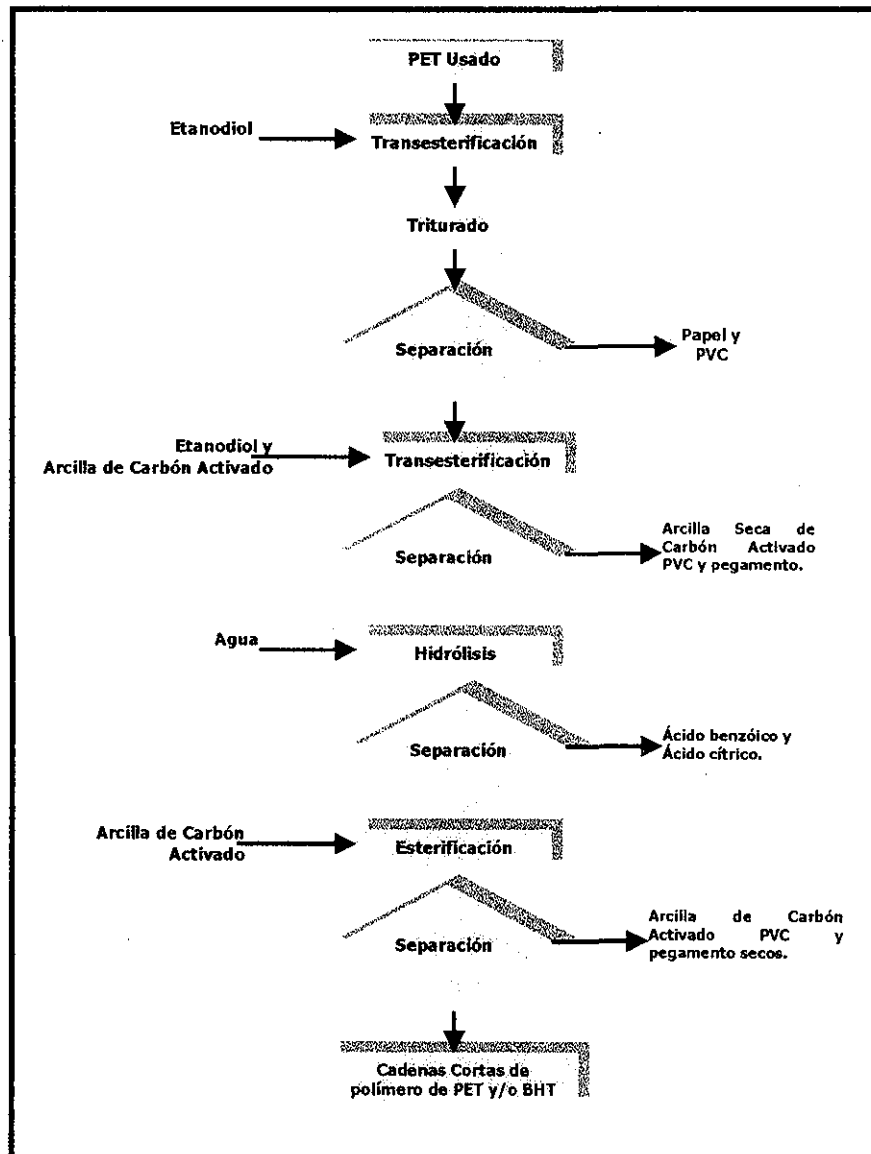


Figura 4.12 ESQUEMA de las ETAPAS de DESCONTAMINACIÓN del PET.

La Tabla 4.11 indica los valores de contenido energético de algunos materiales que se obtienen de los residuos sólidos urbanos⁽³⁶⁾.

MATERIAL	ENERGÍA kcal/kg
	Típico
Papel	4.0
Papel periódico	5.0
Cartón	3.9
Plásticos	7.8
Textiles	4.2
Madera	4.4
PET	6.3
Carbón	6.6
Poliiolefinas	12.5

Tabla 4.11 VALORES TÍPICOS del CONTENIDO ENERGÉTICO de MATERIALES.

CONCLUSIONES

El capítulo 1 "Análisis de Ciclo de Vida de Producto", la investigación realizada muestra que la aplicación de las etapas que constituyen el análisis de ciclo de vida de cualquier tipo de producto conducirán a la disminución y prevención de la contaminación ambiental ya que es una metodología útil basada en la normatividad internacional, que persigue el diseño de plantas más eficientes.

Dentro del capítulo 2 "Tecnologías para Prevenir la Contaminación", se satisface el concepto de Prevención de la Contaminación, por la generación de menos desperdicios desde el diseño del producto, al mismo tiempo que demuestra que la aplicación de la estrategia de las 3R's" Reducir, Reutilizar y Reciclar materiales cumple con el objetivo de prevenir la contaminación. Este capítulo ofrece la información sobre algunas de las tecnologías capaces de resolver los problemas por la disposición de desperdicios sólidos que es un problema del mundial.

Del capítulo 3 "La Ingeniería de Proyecto en el Análisis de Ciclo de Vida", se concluye la importancia del conocimiento de los fundamentos que deben incluirse en el diseño de un producto y que debe conocer el ingeniero de proyecto, al ofrecer la aplicación del concepto de exergía dentro de la etapa de ingeniería básica, hasta los pequeños grandes detalles que no deben ser omitidos en el desarrollo de un proyecto.

Por último el capítulo 4 "Ciclo de Vida del Polietilén Tereftalato", demuestra que es un producto que cumple con cada etapa del ciclo de vida, en el que se observa que se logra reducir el consumo de materia prima desde el origen debido a la optimización en el diseño de productos así como por la aplicación de las otras dos metodologías de prevención de la contaminación que son el reciclado y reuso del material. Se aporta la información sobre los beneficios que aporta este material y se justifica porque ha ido desplazando a otros materiales que han sido empleados para el mismo servicio.

Dado que el Análisis de Ciclo de Vida es una metodología que puede ser aplicada a cualquier producto, es muy importante que se difunda y se utilice con dedicación en el momento de la creación de nuevos productos o en la mejora de los existentes. El entendimiento de esta metodología, deberá provocar la conciencia en el diseño del producto y su proceso respectivo para beneficio de la humanidad.

El crecimiento de la importancia del diseño ambiental y el análisis del ciclo de vida es simple de entender porque la biósfera representa el soporte de la vida y que es nuestra fuente de salud; por lo tanto si se degrada o contamina con toxinas o desperdicios, se destruye al capital natural y se reduce la permanencia de la civilización, así de simple.

El deterioro al ambiente puede reducirse, si desde el diseño de un producto se analizan con profundidad todas las variables involucradas para su fabricación, mediante el mejoramiento de la calidad y prolongando su ciclo de vida. Una estrategia de apoyo es la de las "3R's" Reducir, Reutilizar y Reciclar materiales, así como el desde el diseño lo es el concepto de exergía basado en la Energía-Ecología-Economía considerada como las 3E's.

Los ingenieros del siglo XXI deben diseñar nuevos productos con sus respectivos procesos, atendiendo de manera especial al ciclo de vida completo del producto, no solamente en los materiales usados para la manufactura sino hasta la obtención de los resultados del producto al final de su vida.

El conocimiento de estas metodologías y estrategias sirven para que en la administración de nuevos proyectos se manejen como herramientas valiosas para la obtención de "industrias limpias" es decir el nuevo vocabulario deberá basarse en "diseño para reciclar", "diseño para desensamblar", "diseño para el ambiente", etc. y es que si se quiere un mejor ambiente, se tendrá que invertir en el desarrollo de nuevos productos con sus respectivos procesos que es la base del "Desarrollo Sustentable".

En la industria se sabe que la competencia se realiza a nivel mundial y que constantemente debe buscarse cómo mejorar el proceso y de este modo la eficiencia dentro de los aspectos de energía-economía-ecología, pero los resultados de producción y los tiempos límite para el comercio de los productos están saturados. Sin embargo, el análisis de ciclo de vida es un instrumento importante para la toma de decisiones y el interés de su aplicación debe existir en todos los sectores, en el gobierno, la industria, los consumidores y grupos ecologistas porque reflejan las deficiencias y posibles mejoras; de esta manera se establecerán las regulaciones de tipo ambiental, industrial así como medidas de acción para los consumidores, etc. al mismo tiempo aporta innovaciones de tipo industrial y estrategias de negocios. Lamentablemente muchas de las recomendaciones para mejorar una industria se basan en el cambio de cultura industrial, que es difícil de cambiar.

Al revisar las características y uso del polietilén tereftalato PET, se demuestra que es un "producto verde" que ha ido desplazando a otros materiales utilizados para el mismo servicio. Además la aplicación en nuevos productos con material de reciclado no ha terminado, la búsqueda de mayores beneficios continúa.

Por lo anteriormente descrito, la hipótesis basada en el caso de estudio del material Polietilén Tereftalato quedó demostrada.

En nuestro país todavía existe un largo camino por recorrer en cuanto al conocimiento y aplicación de esta metodología. Así como la creación de conciencia del mejoramiento del ambiente, mediante el

manejo de mejores prácticas, programas y políticas no sólo industriales sino sociales. Los beneficios serán un México más limpio, con menos basura y por lo tanto un mejor medio ambiente.

Si queremos un mundo mejor, la calidad cuesta y en nuestras manos está la oportunidad de crearlo.

Se puede concluir que deberá manejarse con mayor interés la disposición de los desperdicios. El reciclaje del PET es una alternativa para reducir la cantidad de "espacio vacío" que se va a los tiraderos. Sin embargo ningún proyecto debe improvisarse, de ahí que es de vital importancia que se analicen todas y cada una de las etapas del ciclo de vida, apoyándose en el diseño de ingeniería basada en la exergía para garantizar la obtención de productos verdes y que ofrezcan beneficios económicos.

El beneficio de este documento es el aporte de información de un tema de actualidad como es el Análisis de Ciclo de Vida que relaciona disciplinas nuevas, enfocadas al mejoramiento del ambiente y crea el desarrollo sustentable de las generaciones futuras. Como ingenieros se tiene la gran responsabilidad de la creación de bienes y servicios empleados por la humanidad sin el deterioro del ambiente. Es por eso que es fundamental establecer los nuevos parámetros de diseño de productos, conociendo a fondo las metodologías y herramientas existentes, cambiando la antigua modalidad de "producir por producir y empleando tecnologías que sólo pretendían eliminar las emisiones al final del tubo para cumplir con la reglamentación gubernamental" sin eliminar el problema desde el origen y mucho menos considerar al ambiente como un cliente al que no se debe olvidar.

La función del ingeniero de proyecto es optimizar los recursos involucrados en cualquier tipo de proyecto y si se difunde y estudian las bases para diseñar bajo los conceptos y recomendaciones descritos en los capítulos de este trabajo, se asegurará la creación de "Industrias Limpias" que serán la herencia tangible para las generaciones futuras.

Este trabajo de investigación sobre la metodología "Análisis de Ciclo de Vida" menciona los fundamentos que el ingeniero de proyecto debe conocer para ingresar al nuevo mundo del diseño bajo el esquema ambiental. Se observa que algunas líneas de investigación para el futuro que podrían ser aplicadas, la generación de estructuras de construcción resistentes y formulaciones para pavimentos a partir de PET reciclado ya que abrirán un amplio panorama de aplicación. Esta condición hará que el acopio del material se convierta en un aliciente para el consumidor, evitando ensuciar el ambiente.

Si además se promoviera que los fabricantes acordaran que el envasado se realice en recipientes sin color, como se ha realizado en algunos países europeos, resultaría un mayor beneficio dentro del procesamiento de reciclado, reduciendo el desperdicio de recursos.

Por otra parte, se observa la clara necesidad de la atención de la administración de desperdicios ya que las estadísticas pertenecientes a nuestro país indican que la generación de grandes volúmenes de desperdicios sólidos no es manejada adecuadamente resultando ser la problemática actual de acumulación de basura. Esto demuestra que la aplicación de las tecnologías explicadas en el capítulo 2, resolverían gran parte del problema de desperdicios.

REFERENCIAS

- (1) Packaging of Council Australia Inc., "Life Cycle Analysis", Issue No. 2, September 1993.
<http://www.packcoun.com.au/issues04.html>
- (2) Boustead Consulting Limited U.K., "Introduction to LCA", October 2001, <http://www.boustead-consulting.co.uk/introduc.htm>
- (3) Freeman Harry M., "Manual de Prevención de la Contaminación Industrial", Ed. Mc Graw Hill, 1998.
- (4) The Corporate Environmental Office Pty LTD Australia, "ISO 14000", October 2001.
www.tceo.com.au
- (5)
 1. Gaines, L.; Berry, R.S.; Long, T.V., TOSCA: "The Total Social Cost of Coal and Nuclear Power", Ballinger Publishing Company: Cambridge, Mass, 1979.
 2. Gilbreath, K., "Life Cycle Assessment, Energy, and the Environment from a Pulp and Paper Mill's Perspective", Forest Products Society Annual Meeting: Portland, Ore. June 1995.
 3. Bereyni, E.B.; Gould, R.N., "Resource Recovery Yearbook 1993-94", Government Advisory Associates, Inc. New York, N.Y., 1993.
 4. Gaines, L.; Stodolsky, F., "Mandated Recycling Rates: Impacts on Energy Consumption and Municipal Solid Waste Volume", Argonne National Laboratory, Dec. 1993.
- (6) SETAC Foundation for Environmental, "LCA News" Volume 18, Number 6, September 1998.
<http://www.setac.org/nov98lca.html>
- (7) Jensen Poul Buch, "Introduction to the ISO 14000 Family of Environmental Management Standards" International Network for Environmental Management, November 2001.
- (8) SETAC Foundation for Environmental, "LCA News" Volume 18, Number 5, September 1998.
<http://www.setac.org/sept98lca.html>
- (9) Berkley University of California "Introduction to Desing for Environment" Sinthesis Coalition
http://best.me.berkeley.edu/~pps/pps/design_envir.html#intro
- (10)
 1. Cooper, J.S., B. Vigon, "Life Cycle Engineering Guidelines", Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory, Prepared by Battelle Memorial Institute, Contract No. CR822956, 1999.
 2. Fiksel, J. "Design for Environment: Creating Eco-Efficient Products and Processes", Mc Graw Hill, 1996.

3. Keoleian, G.A., D. Menerey, "Sustainable Development by Design: Review of Life Cycle Design and Related Approaches," *Air and Waste*, Vol. 44, 644-668, May 1994.
4. Billatos, S.B., N.A. Basaly, "Green Technology and Design for the Environment", Taylor & Francis Publishers, 1997.
5. US Environmental Protection Agency. "Life Cycle Assessment: Inventory Principles and Guidelines", EPA/600/R-92/245, 1993.
6. Keoleian, G., "Life Cycle Design Framework and Demonstration Projects: Profiles of AT&T and Allied Signal", EPA/600/R-95/107, 1995.
7. Graedel, T., B. Allenby, "Design for Environment", Prentice Hall, 1996.

(11) Department of Mechanical Engineering University of Washington U.S.A. Life Cycle Boundary Selection "Design for Environment" <http://www.me.washington.edu>

(12)

1. Croner's Environment Management, Croner Publications Ltd, Kingston upon Thames, 1993
2. Crittenden B D and Kolaczowski S T, Waste Minimisation Guide, Institution of Chemical Engineers, Rugby, 1992
3. Henstock M E, An Analysis of the Recycling of LDPE at Alida Recycling Ltd, Environmental Protection Bulletin, 027,3-10,1993
4. Department of the Environment, The UK Environment, edited by A Brown et al, HMSO, London, 1992
5. Life-cycle Analysis, Clean Technology Unit, Agriculture and Food Research Council and Science and Engineering Research Council, Swindon, 1993.

(13) National Waste Prevention Coalition "Examples of Waste Prevention" June 2001.

<http://dnr.metrokc.gov/swd/nwpc/index.htm>

(14) Environmental Protection Agency "Definitions" National Pollution Prevention Policy USA, 2000.

(15) Malta Institute of Wastes Management, 1997, "Set of Waste Management" Issue Number 1 July 1997.

(16) Michael E. Henstock, Michael W. Biddulph, Solid Waste as a Resource, Proceedings of Solid Wastes held in Dubrovnik, 1975. Conservation & Recycling, Vol. 1 83-90

(17) Office of Radiation, Chemical & Biological Safety Michigan State University "Hazardous Waste Definitions" Waste Disposal Guide.

<http://www.orcbs.msu.edu/newhazard/wastemanualdocs/03definition.html>.

(18) Finnveden Göran, Johansson Jessica, Lind Per, Moberg Asa. "Life Cycle Assessment of Energy from Solid Waste", fms 137 FOA-B—00-00622-222—SE, August 2000.

(19) <http://www.energy.ca.gov/development/biomass/anaerobic.html>

<http://www.onsitepowersystems.com/faq.ivnu#A> <http://applied-democracy.com/ad/biogas.html>

(20) <http://www.clp-energy.com/thebasics.htm>

- (21) World Commission on Environment and Development (WCED). "Our common future". Oxford: Oxford University Press, p.43. 1987.
- (22) Rivero R., Del Río R. "An Advanced Technological Strategy for Energy and the Environment" p. 9-21. "Strategic Planning for Energy and the Environment" Association of Energy Engineers, Winter 1999, Vol. 19 No. 3
- (23) Kate Belzer. "Project Management: Still More Art than Science", Featured Project Management Papers, February 2001, www.pmforum.org.
- (24) Bruce Vigon, "Life-Cycle Assessment". Setac News, November 1999.
- T.J Kotas, "The Exergy Method of Thermal Plant Analysis", Krieger Publishing Co. Melbourne, FL. 1995.
- J.Szargut, D. R. Morris, F.R. Steward, "Exergy Analysis of Thermal Chemical and Metallurgical Processes", Hemisfer Publishing, New York, 1988.
- R.L. Cornelissen, G.G. Hirs, T.J. Kotas, "Different Definitions of Exergetic Efficiencies", University of Twente, JETCIV Nancy. 1995.
- Michaelis P., Jackson T., and Clift R., "Exergy Analysis of the Cycle of Steel", Energy 23:213-220. 1996.
- (25) Knutson Joan, and Bitz Ira "Project Management How to Plan and Manage Successful Projects", American Management Association, p. 33 Frederick Brooks formula, (1991).
- (26) The Society of the Plastics Industry, Inc. SPI, "Facts and Figures of the U.S. Plastics Industry" 1994.
- (27) Cerro L. Mónica, "Reciclaje de Plásticos" Departamento de Química y Biología. Universidad de las Américas. México. 1996.
1. "Packaging Without Plastics: Ecological and Economic Consequences from a Packaging Material Market Without Plastics," The Society for Research into the Packaging Market (Germany), 1992.
 2. "Total Energy Consumption for the Production of Plastic Products in 1995," Franklin Associates, Ltd. 1996.
 3. "Plastic Packaging: Opportunities and Challenges," R.F. Testin, Ph.D., and P.J. Vergano, Sc.D., 1992.
 4. "Resource and Environmental Profile Analysis of Polyethylene and Unbleached Paper Grocery Sacks," Franklin Associates, Ltd., 1990.
 5. "Waste-to-Energy Incineration" Fact Sheet, Council on Packaging in the Environment, November 1990. <http://www.plasticsresource.com>
- (28) Encyclopedia of Chemical Processing and Design Mc Ketta John J. and Cunningham William A., Vol. 40 p. 152-193
- (29) "Revista de Plásticos Modernos", No. 506 agosto 1998
- (30) Busot J. C. Patente US003487049. 1969
- (31) Nichols Carl S., Clifford Moore T. And Lee Edwards W. Patente US005922828A. 1996

- (32) Haack Ulrich, Leyrer Stephen P., for Ticona Frankfurt and Summit, NJ. "High Impact PET Injection Molding Resins"1998
- (33) APREPET, "El PET y el Ambiente". Boletín de la Asociación para Promover el Reciclado del PET, A.C. Año 3 No.5
- (34) Clements Jack, Ada Okla. Patente US005849381A. 1998
- (35) Patente US005504121 1996.
- (36) Trilleros Villaverde Juan A."Tecnología de Recuperación y Reciclado de Materiales". 2001.

GLOSARIO

TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURAS EMPLEADAS

Abreviatura en Inglés	Descripción en Inglés	Descripción en Español
LCA	Life Cycle Analysis	Análisis de Ciclo de Vida ACV.
"Cradle to Grave"	Cradle to Grave	De la cuna a la tumba. Del nacimiento a la muerte de un producto.
SETAC	Society of Environmental, Toxicology and Chemistry	Sociedad para el Ambiente, Toxicología y Química
ISO	International Organization for Standardization	Organización Internacional para la Estandarización
ISO/TC 207	Technical Committee 207	Comité Internacional Técnico 207
SC	Sub Committee	subcomités
SAGE	Strategic Advisory Group for Environment	Grupo Consultivo Estratégico para el Ambiente
U.S. EPA	U. S. Environmental Protection Agency	Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos
DoE	Department of Energy (USA)	Departamento de Energía de Estados Unidos
LCM	Life Cycle Management	Administración de Ciclo de Vida
Green Design	Green Design	Diseñar para el Ambiente
Labelling	Labelling	Etiquetado
Greenhouse gases	Greenhouse gases	Gases de efecto de invernadero
DfM	Design for Manufacture	Diseño para manufactura
DfE	Design for Environment	Diseño para el ambiente

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TERMINOLOGÍA Y ABREVIATURAS EMPLEADAS
 (continuación)

Abreviatura en Inglés	Descripción en Inglés	Descripción en Español
Green Chemistry	Green Chemistry	Química para el ambiente
BPEO	Best Practical Enviromental Option	Mejor Opción de Práctica Ambiental
"End of the Pipe"	End of the pipe	"Al final del tubo"
"Out the back door"	Out the back door	"Al final del proceso" "Fuera de la Puerta Trasera" "Fuera de la Planta"
ASTM,	American Society for Testing Materials	Sociedad Americana para la Prueba de Materiales
Biogas	Biogas	Mezcla de gas de 55 al 75 % de metano CH ₄ , lo restante de bióxido de carbono CO ₂
Green electricity	Green electricity	Electricidad obtenida por la generación de biogas a partir de digestión anaeróbica
WTE	Waste-to-energy system	Sistemas de energía a partir de desperdicios
ESD	Ecologically sustainable development	Desarrollo sustentable
Eco-efficiency	Eco-efficiency	Significa proporcionar más valor a la sociedad con menor impacto en el ambiente
Green products	Green products	Productos ecológicos o verdes, Productos amigables, Productos limpios.
PETE	PETE	Polietilén Tereftalato PET
GW	Giga Watts	1 Giga Watts = 1 x 10 ⁹ Watts
MJ	Mega Joules	1 Mega Joules= 1 x 10 ⁶ Joules

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

ÍNDICE DE EMPRESAS

EMPRESAS RELACIONADAS CON LOS TEMAS CONSULTADOS

NOMBRE	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN y CORREO ELECTRÓNICOS:
US Environmental Protection Agency EPA	10 Regiones	www.epa.gov e-mail internet_support@unixmail.rtpnc.epa.gov .
Society of Environmental Toxicology And Chemistry SETAC ®	1010 North 12th Avenue Pensacola, FL 32501-3367 U.S.A. T 850-469-1500 F 850-469-9778	www.setac.org e-mail setac@setac.org
Society of Environmental Toxicology And Chemistry SETAC ®	Av. de la Toison d'Or 67 B-1060 Brussels Belgium T 32 2 772 72 81 F 32 2 770 53 86	www.setac.org e-mail setac@setaceu.org
The Corporate Environmental Office Pty Ltd.	317 Cavendish Road, Brisbane, Queensland 4151 Australia	www.tceo.com.au e-mail environment_manager@tceo.com.au
Office of Radiation, Chemical & Biological Safety Michigan State University	C124 Research Complex – Engineering East Lansing, MI 48824-1326 USA T(517) 355-0153 F (517) 353-487	www.orcbs.msu.edu e-mail: orcbs@pilot.msu.edu
National Waste Prevention Coalition c/o King County Solid Waste Division	201 South Jackson St. #701 Seattle, Washington, 98104-3855 USA Phone (206) 296-4481 Fax (206) 296-4475	http://dnr.metrokc.gov/swd/nwpc/index.htm e-mail: tom.watson@metrokc.gov www.best.me.berkeley.edu
University of California at Berkeley	Synthesis Headquarters, 3112 Etcheverry Hall Berkeley, CA 94720	www.best.me.berkeley.edu
Onsite Power Ssystems Inc.	266 N. Mobile Ave. Suite 105 Camarillo, CA 93010 USA T (888) 484 0775 F (805) 484 0145	www.onsitepowersystems.com
CLP Envirogas Ltd	Meadows House, 20-22 Queen Street, London W1X 7PJ UK Tel: +44 (0)20 7629 2668 Fax: +44 (0)20 7408 1216	www.clp-energy.com adrian@loening.co.uk dgreenough@clpservices.co.uk
VERDE SIMEPRODESO	Emilio Carranza 730 sur, 2º. Piso Col. Centro C.P.64000. Monterrey, N.L. MÉXICO Teléfonos: 343 92 04 y 343 9264	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE DE EMPRESAS

EMPRESAS RELACIONADAS CON LOS TEMAS CONSULTADOS

(continuación)

NOMBRE	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN y CORREO ELECTRÓNICOS:
Badische Stahl-Engineering GMBH	Robert-Koch-Straße 13 D-77 694 Kehl / Germany Telefon: +49 (0)7851 / 877-0 Fax: +49 (0)7851 / 877-133	www.bse-kehl.de e-mail: info@bse-kehl.de
American Plastics Council.	1300 Wilson Blvd. Suite 800, Arlington Virginia Arlinton 22209 USA TEL. 1-800-2-HELP-90	www.plasticsresource.com
QuimiNet S.A. de C.V.	Río Rhin N°22-504 Col. Cuauhtémoc C.P. 06500 México D.F. México Tel. 55.66.36.31	Www.quiminet.com
International Institute for Sustainable Development iisd	161 Portage Avenue East, 6th Floor Winnipeg, Manitoba Canada R3B 0Y4 Tel: (204) 958-7700 Fax: (204) 958-7710	www.iisd.org e-mail: info@iisd.ca
With offices in Ottawa, New York and Geneva		
Factorten resource management	St James' Business Centre, Linwood Rd, Paisley, Scotland, UK Tel: +44 (0)141 847 4420 Fax: +44 (0) 0141 847 4421	www.factorten.co.uk e-mail: technical@factorten.co.uk
Association of Postconsumer Plastic Recyclers	1300 Wilson Boulevard, Suite 800 Arlington, VA 22209 USA PH 703.253.0605 FAX 703.253.0606	Www.plasticsrecycling.org
Materials Web	2000 Kraft Drive Suite 1202 Blacksburg, VA 24073 PH: (540) 552-5300 FAX: (540) 552-1657	Www. MatWeb.com e-mail: doug.fleming@matweb.com
Waste Gas Technology Uk Limited	Vicarage Farm Business Park, Winchester Road, Fair Oak, Nr Eastleigh Hampshire, SO50 7HD UK Teléfono: +44 (0)23 8069 5422 Facsimil: +44 (0)23 8069 5433	Www.wgtuk.com e-mail info@wgtuk.com
Plenco Plastics Engineering Company	3518 Lakeshore Road, P.O. Box 758 Sheboygan, WI 53082-0758 U.S.A. Phone (920) 458-2121 Fax (920) 458-1923	Www.plenco.com e-mail solig@plenco.com e-mail lleitte@plencomx.com

ÍNDICE DE EMPRESAS

EMPRESAS RELACIONADAS CON LOS TEMAS CONSULTADOS

(continuación)

NOMBRE	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN y CORREO ELECTRÓNICOS:
Ticona Technical Center,	1195 Centre Road, Auburn Hills, MI 48326. Phone: 1-765-478-4826. Fax: 1-765-478-365	www.ticona.com e-mail: dwight.smith@ticona.com
EREMA Engineering Recycling Maschinen und Anlagen Ges.m.b.H Plastics Recycling Systems	Freindorf – Unterfeldstraße 3 - P.O.B. 38 A-4052 Ansfelden/Linz Austria / Europe Phone: (43)732/3190-0 Fax: (43)732/3190-23	www.erema.at e-mail: erema@erema.at
APREPET Asociación para Promover el Reciclado de PET A. C.	Augusto Rodín 299 Despacho 202 Col. Nochebuena México D.F. Tel/Fax 5563 6492	www.aprepet.org.mx e-mail: gzerquera@aprepet.org.mx

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE DE EMPRESAS

EMPRESAS RELACIONADAS CON EL POLIETILÉN TEREFALATO

PRODUCTORES DE RESINA

NOMBRE	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN y CORREO ELECTRÓNICOS:
EASTMAN CHEMICAL MEXICANA, S.A. de C.V. Ing. José Luis Martínez N. Director de Ventas	Insurgentes Sur No. 1605 Piso 23 Col. San José Insurgentes Delegación Benito Juárez México, 03900 D.F. TEL. 5662-9962 FAX. 5662-9953	e-mail: pmartine@eastman.com
GRUPO KoSa (Arteva Specialties, S. de R.L. de C.V.) Ing. Cristóbal Topete C. Gerente de Mercadotecnia y Desarrollos Resina PET	Av. Miguel Hidalgo Oriente No. 1350. Col. San Sebastián, 50010 Toluca. Estado de México. Tel. (52 7) 279-4376 279-4357 / 279-4356 Fax. (52 7) 279-4343 / 279-4359	e-mail: ctopete@kosa.com.mx
GRUPPO MOSSI & GHISOLFIPECTEN POLIESTERS COMERCIAL, S.A. de C.V. Ing. Alejandro García Aspe M. Director Comercial PET	Insurgentes Sur No. 954 Piso 6° Col. Del Valle, 03100 Delegación Benito Juárez México, D.F. Tel. 5687-4088 Ext. 1104 Fax. 5536-7920	e-mail: alejandro.m.garciaaspe@ gruppomgus.com

ÍNDICE DE EMPRESAS

EMPRESAS RELACIONADAS CON EL POLIETILÉN TEREFALATO

TRANSFORMADORES

NOMBRE	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN y CORREO ELECTRONICOS:
ALPLA de MEXICO, S.A. de C.V. Ing. Guillermo H. Pérez Peniche Gerente División PET	Planta Toluca 2000 Calle Eje 1 Norte Lote 1a, 1b, 1c Y 2a Manzana C, Parque Industrial Toluca 2000, C.P. 50000, Toluca Edo. de México Tel. (72) 75-4542 / 75-4500 Fax. (72) 75-45-28	e-mail: guillermo.perez@tol.alpla.com
CONTINENTAL PET TECHNOLOGIES de MÉXICO, S.A. de C.V. Ing. Santiago García González Director Comercial	Augusto Rodin No. 299 Int. 3 Col. Nochebuena, Delegación Benito Juárez México, 03710 D.F. Tel. 5615-0841 Fax. 5563-9680	e-mail: sggcpet@data.net.mx
EMPAQUES CONSTAR, S.A. de C.V. Ing. Juan Manuel Félix Guerrero Director General	Parque De Servicios Tecnológicos de la Ciudad de México Prolongación Anillo Periférico S/N, Nave Ind. 3 Col. Renovación México, 09209 D.F. Tel. 5804-6060, 5804-6061 Fax. 5804-6065	e-mail: constar@data.net.mx
ENVASES UNIVERSALES, S.A. de C.V. (Corporativo de Envases, S.A. De C.V.) Ing. Javier Díaz Gerente General	Montes Urales No. 470 2º Piso Col. Lomas de Chapultepec Delegación Miguel Hidalgo, México, 11000 D.F. Tel. 5318-5438, 5596-3515	
INDUSTRIAS INNOPACK, S.A. DE C.V. Ing. Rodrigo Oliva S. Director Internacional de Proyectos	Sierra Vertientes No. 370 Col. Lomas de Chapultepec Delegación Miguel Hidalgo, México, 11000 D.F. Tel. 5520-1789 Fax. 5202-1527	e-mail: 112021.1166@compuserve.com claudiosotomayor@hotmail.com
PROCESOS PLASTICOS, S.A. DE C.V. Sr. Carlos Flores González Gerente de Logística	Avenida Uno No. 1 Parque Industrial Cartagena 54900 Tultitlán Estado de México Tel. 5888-2885 / 5888-1231 Fax. 5888-1220	e-mail: cflores@pepsigemex.com.mx
SCHMALBACH-LUBECA PET PLASTICS de MÉXICO, S.A. de C.V. Ing. Alberto Iwadare Director General	Km 9.5 Carr. Ocoyoacac-Santiago Tianguistengo, Tlaxala Edo. de México, C.P. 52700 Tel. (713) 3 73 73 Fax. (713) 5 23 42	www.schmalbach.com

ÍNDICE DE EMPRESAS

EMPRESAS RELACIONADAS CON EL POLIETILÉN TEREFALATO

USUARIOS

NOMBRE	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN y CORREO ELECTRONICOS:
ASOCIACIÓN de EMBOTELLADORAS MEXICANAS de COCA COLA, A.C. Sr. Carlos Díaz Landeta Director General	Av. Ejército Nacional No. 404 5° Piso Col. Chapultepec Morales, Delegación Miguel Hidalgo México, 11570 D.F. Tel. 5531-7729 / 5531-7611 Fax. 5250-6387 / 5531-7729	e-mail: adorantes@ascoca.com.mx ascocasg@prodigy.net.mx
COLGATE PALMOLIVE , S.A. de C.V. Ing. Rubén Berezowsky V. Gerente Ingeniería de Empaque	Presa La Angostura No. 225 Col. Irrigación, Delegación Miguel Hidalgo México, 11500 D.F. Tel. 5629-7625 / 5626-7451 Fax. 5557-9019	e-mail: ruben_berezowsky@coipal.com
EMBOTELLADORA AGA, S.A. de C.V. Lic. Juan García Reséndiz Gerente General	Antiguo Camino A Tesistán No.680 Col. La Tuzania, 45136 Zapopan, Jalisco Tel. (3) 633-7690 / 633-7679 Fax. (3) 633-76-43	e-mail: policajas@infosel.net.mx
INMOBILIARIA GEUSA, S.A. de C.V. Ing. Francisco Zárate Servín Director de Ingeniería	Severo Díaz No. 17 Ph 1 Col. Ladrón De Guevara Sector Juárez, 44600 Guadalajara, Jal. Tel. (3) 630-2015 / 630-1055 Fax. (3) 630-1652	e-mail: ging@infosel.net.mx
QUAKER de MÉXICO, S.A. de C.V. Ing. Humberto Corona Director de Operaciones	Prof. Av. Américas No. 1600-3 Int.A Col. Country Club, 44620 Guadalajara, Jal. Tel. (3) 819-1900 / 817-2167 Fax. (3) 819-1982	e-mail: coronhu@quaker.com.mx
SOCIEDAD INDUSTRIAL, S.A. de C.V. Sergio Guillermo Gómez y Gómez.	Av. Hidalgo No.2303 Col. Smith Cp. 89140 Tamaulipas, Tamaulipas. Tel:(1) 241-2525 Fax: (1)241-2577	e-mail: sgomez@contal.com
REFRESCOS y AGUAS MINERALES, S.A. de C.V. Ing. Hernán Gómez Borja Ing. Senior Empacotecnia	Guillermo González Camarena No.600 Col. Santa Fé, 01012 México, D.F. Tel. 5081-5100 / 5081-5469 Fax. 5292-3469	e-mail: hgomezb@kof.com.mx
JUGOS de FRUTAS MUNDET, S.A. de C.V. Ing. Giovanni Ricco Monge Director General	Autopista México-Querétaro Km 37.5, Fracc. Ind. Cuamantla, C.P. 54730 Edo. De México Tel. 58 73 22 22 Y 25 25 Fax. 58 71 07 08	e-mail: gricco@grupomundet.com.mx
CADBURY AGUAS MINERALES, SA de C.V. Ing. Antonio Ávalos Pacheco Gerente de Ingeniería y Ambiental	Presidente Masarik #111 7o. Piso, Col. Polanco, Del. Miguel Hidalgo, México, 11570 D.F. TEL. 26 24 02 60	e-mail: antonio.avalos@cspic.com
SISTEMA PEPSI COLA – ANEPAC Ing. Carlos Ruiz De Chávez Director General	Molliere # 39 2o Piso, Col. Chapultepec Polanco México 11560 D.F. Tel. 52 81 27 31 Fax. 52 80 75 88	e-mail: mechave@pcm.com.mx

ÍNDICE DE EMPRESAS

EMPRESAS RELACIONADAS CON EL POLIETILÉN TEREFALATO

RECICLADORES

NOMBRE	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN y CORREO ELECTRÓNICOS:
AVANGARD MÉXICO, S.A. de C.V. Ing. Jaime Camara Creixell Director General	Henry Ford No. 298 Esquina Congreso de la Unión Col. Bondonjito, 07850 Delegación Azcapotzalco México, D.F. Tel. 5751-5999 Ext.105 Fax. 5751-1438	e-mail: jcamara@avangard.com
RECIPET, S.A. de C.V. Ing. Humberto Marmolejo C.	Carr. a Matehuala No. 179 Fracc. Insurgentes 78310 Soledad de G.S., S.L.P. Tel. (48) 16 53 53 Y 76	e-mail: envaplas@slp1.telmex.net.mx
RECICLADOS CRISOL, S.A. de C.V. Lic. Héctor Fuente Espejel Gerente de Promoción Industrial	Calzada Acoxa No. 436-3er Piso Col. Exhacienda de Coapa, Delegación Tlalpan México, 14300 D.F. Tel. 5483-7956 / 5483-7979 Fax. 5483-7980	e-mail: hfuentes@crisol.com.mx
RECICLADOS de MÉXICO, S.A. de C.V. Lic. Mario Mizrahi S.	Santiago Graff No. 5 Parque Industrial Exportec 1, 50200 Toluca, Estado de México Tel. (72) 73-14-50 Fax. (72) 73-14-45	

ÍNDICE DE EMPRESAS

EMPRESAS RELACIONADAS CON EL POLIETILÉN TEREFALATO

SERVICIO

NOMBRE	DIRECCIÓN	DIRECCIÓN y CORREO ELECTRÓNICOS:
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA APLICADA CIQA Dr. Luis Francisco Ramos De V. Director General	Bld. Enrique Reyna No. 140 Apartado Postal 379, 25100 Saltillo, Coahuila Tel. (84) 15-30-30 / 15-26-47 Fax. (84) 15-31-69	e-mail: devalle@polimex.ciqa.mx
COCA COLA de MÉXICO, S.A. de C.V. Ing. Horacio Tena Coordinador de Reciclado	Ruben Dario No. 115 Col. Bosque De Chapultepec, Delegación Miguel Hidalgo Mexico, 11580 D.F. Tel. 5262-2189 / 5262-2659 Fax. 5262-2016 / 5262-2005	e-mail: htena@la.ko.com
HUSKY INJECTION MOLDING SYSTEMS MEXICO, S.A. de C.V. Ing. José Lelo De La Rea, Gerente de Área D.F.	Sófocles No. 146 Col. Los Morales Sección Palmas, Delegación Miguel Hidalgo México, 11510 D.F. Tel. (3) 612-257 Fax. (3) 612-2577	e-mail: estrada@husky.ca
INTERPLAST, S.A. DE C.V. H.D. Ben Propfe Director General	Av. Patriotismo No. 730 Col. San Juan Mixcoac, Delegación Benito Juarez México, 03730 D.F. Tel. 5611-0246 / 5611-0579 Fax. 5598-4533	e-mail: interpla@ri.redint.com
PLASMAQ, S.A. DE C.V. Ing. Javier Ochoa Godoy Administrador General	Cubilete No. 147 Col. Chapalita, 45040 Zapopan, Jal. Tel (3) 122-5632 Fax. (3) 647-1621	e-mail: javiero@vianet.com.mx
SIDEL DE MEXICO, S.A. DE C.V. Ing. Luis Felipe González Higuera. Gerente Comercial	Jaime Balmes No.11, Torre A - 1ºPiso Edificio Plaza Polanco Col. Los Morales Polanco, Delegación Miguel Hidalgo México, 11510 D.F. Tel. 5387-4000 Fax. 5387-4003 / 4004 / 4002	www.mexsidel.com.mx e-mail: i.gonzalez@mexsidel.com.mx
ASOCIACIÓN NACIONAL de PRODUCTORES de REFRESCOS y AGUAS CARBONATADAS, A. C. Ing. Roberto Calderón P. Director Técnico	MOLIERE No. 39 - 3er. PISO COL. POLANCO, DELEGACIÓN MIGUEL HIDALGO MÉXICO, 11560 D.F. TEL. 5280-1040 FAX. 5280-0652	e-mail: rcalderon_anprac@terra.com.mx
KRONES MEX, S.A. DE C.V. Ing. Ricardo Cruz Gerente Tecnología PET	Av. Horacio 828, Col. Polanco México 11550 D.F. Tel. 52 81 79 31 Fax. 52 81 79 24	e-mail: rcruz@krones.com.mx

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
1.1	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO de un SISTEMA. 8
1.2	ETAPAS PRINCIPALES del ANÁLISIS de CICLO de VIDA. 10
1.3	COMPONENTES del ANÁLISIS de CICLO de VIDA. 10
1.4	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO de los COMPONENTES de un PROCESO. 13
2.1	OPCIONES de INCINERACIÓN y CONFINAMIENTO. 38
2.1 A	Un ejemplo de un problema de eliminación en el sitio. 38
2.1 B	1ª Solución evitando el problema de eliminación por ampliación de los límites del sistema. 38
2.1 C	2ª Alternativa con ampliación de los límites del sistema. 38
3.1	NUEVO PARADIGMA para el DESARROLLO SUSTENTABLE. 43
3.2	PROCESOS APLICADOS por el GRUPO de EXERGÍA del IMP. 47
3.3	MODELO de PROCESO de COMPAÑÍA ACERERA del REINO UNIDO. 48
3.4	MODELO de INTERACCIÓN. 56
4.1	DIAGRAMA de CICLO de VIDA del PET. 71
4.2	DIAGRAMA de FLUJO de MATERIAS PRIMAS. 72
4.3	REACCIONES para la OBTENCIÓN de PET. 73
4.4	DIAGRAMA de FLUJO para OBTENCIÓN de PET a partir de ÁCIDO TEREFTÁLICO. 75
4.5	DIAGRAMA de FLUJO para OBTENCIÓN de PET a partir de DIMETIL TEREFTALATO. 77
4.6	PET FABRICADO en DIFERENTES COLORACIONES por PLENCO. 82
4.7	LÍNEA de TERMOFORMADO INTEGRADA. 88
4.8	LÍNEA de PRODUCCIÓN de LÁMINA de PET RECICLADO EREMA SML. 89
4.9	ESQUEMA de las ETAPAS de LIMPIEZA y SEPARACIÓN de MATERIALES de BOTELLAS de PET. 93
4.10	ESQUEMA de PRODUCTOS ELABORADOS con PET RECICLADO MECÁNICAMENTE. 94
4.11	DIAGRAMA de RECICLADO QUÍMICO por METANÓLISIS. 95
4.12	ESQUEMA de las ETAPAS de DESCONTAMINACIÓN del PET. 97

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
1.1	RESUMEN del CONTENIDO de la NORMA ISO 14000. 12
1.2	CLASIFICACIÓN de PRODUCTOS de ACUERDO a la NORMA ISO 14000. 15
2.1	SUSTANCIAS TÓXICAS. 30
2.2	PORCENTAJES MANEJADOS para el TRATAMIENTO de RESIDUOS SÓLIDOS. 31
2.3	ENERGÍA e IMPACTO AMBIENTAL para RECIPIENTES de BEBIDAS REFRESCANTES. 33
2.4	MATERIAL VIRGEN REQUERIDO por RECIPIENTE para 0 % de RECICLADO. 34
2.5	VOLUMEN y PESO de DIFERENTES RECIPIENTES de REFRESCO. 34
2.6	COMPOSICIÓN de los RESIDUOS SÓLIDOS por ZONA GEOGRÁFICA en MÉXICO. 39
3.1	CAUSAS que PROVOCAN RETRASOS por OMISIONES del DEPARTAMENTO de PROCURA. 52
4.1	CAPACIDAD INSTALADA de PRODUCCIÓN de PET en MÉXICO del AÑO 2000. 59
4.2	COMPORTAMIENTO de la PRODUCCIÓN de PET en MÉXICO. 60
4.3	COMPOSICIÓN del MERCADO de PET en MÉXICO. 60
4.4	COMPORTAMIENTO de la OFERTA-DEMANDA del PET RECICLADO en MÉXICO. 60
4.5	PORCENTAJE de RECUPERACIÓN de PET en MÉXICO. 61
4.6	CÓDIGO de IDENTIFICACIÓN de la SOCIEDAD de la INDUSTRIA de PLÁSTICOS RECICLABLES. 64
4.7	RANGO de DENSIDADES de MATERIALES para RECIPIENTES. 65
4.8	LISTA de PATENTES para ELABORACIÓN de PET, REFERIDAS en PATENTE US005922828. 80
4.9	LISTA de PRODUCTOS Impet®. 81
4.10	COMPARACIÓN de los TIPOS de RECICLADO. 96
4.11	VALORES TÍPICOS del CONTENIDO ENERGÉTICO de MATERIALES. 98

ANEXO A

A.1 CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE TIPO DE INDUSTRIA

Materias primas

1. ¿Cuáles son las principales materias primas que contiene su producto?
2. ¿Qué medidas ha tomado su compañía para minimizar los impactos de transportación por adquisición de materias primas?
3. Si utiliza madera ¿Está certificada por el Forest Stewardship Council?
4. ¿Cuánto de lo que produce en peso pertenece a material reciclado?

Diseño e ingeniería

1. ¿Cuál es el impacto del costo/precio por el diseño sustentable del producto?
2. ¿Cómo es el diseño del producto que utilice menos recursos comparado con un producto típico de su compañía o industria?
3. ¿Cómo es el producto diferentemente diseñado para amplia su vida útil?
4. ¿Cómo es diseñado para fácil desensamble y reciclado o reuso?

Proceso de producción

1. ¿Qué proceso para reducción de energía y agua usa o ha sido usado en la manufactura de este producto?
Por favor describa y comparta las estadísticas donde disponga
2. ¿Cual proceso de manufactura reduce desperdicios?
3. ¿Qué esfuerzos se hacen para reducir y/o eliminar durante la producción el uso de materiales peligrosos?

Transportación y empaque

1. ¿Qué medidas ambientales son tomadas de manera responsable en el embarque de productos terminados?
2. ¿Qué materiales son usados en el empaque? ¿Son reciclables o reutilizables?

Instalación, uso y mantenimiento

1. Si el producto requiere instalación en sitio, ¿Qué materiales se requieren para la instalación de su producto?
2. ¿Qué iniciativa está tomando su compañía para eliminar la necesidad de instalación de materiales peligrosos?
3. ¿Cuál instalación del producto tiene un efecto en su capacidad para ser reparado, reemplazado o reciclado?
4. ¿Qué es el uso anticipado en la vida del producto? ¿Cómo difiere del producto estándar?
5. Si aplica ¿Qué componentes del producto pueden ser fácilmente reemplazados o ampliados en la vida útil del producto?
6. Si aplica ¿Cómo son los escapes de químicos peligrosos obtenidos de su producto?
7. ¿Qué tipos de químicos son requeridos para limpieza y mantenimiento de su producto?

Disposición

1. ¿Cuánto del producto es reciclable al final de su vida útil?
2. ¿Qué partes de su producto son biodegradables?

DESCRIBA UN LOGRO SUSTENTABLE NOTABLE QUE SU COMPAÑÍA HA OBTENIDO EN LOS ÚLTIMOS 12 MESES

GreenWorld 2001 GreenWorld Sustainability Forum May, 2001.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A.2 LISTA DE VERIFICACIÓN DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA PARTE I ALCANCE Y PROCEDIMIENTOS DE INVENTARIO⁽³⁾.

Propósito del Inventario: (señale todo lo que aplique)	
<input type="checkbox"/> Para uso del sector privado <input type="checkbox"/> Evaluación interna y toma de decisiones <input type="checkbox"/> Comparación de materiales, productos o actividades <input type="checkbox"/> Comparación del uso de recursos y de las descargas con otros datos del fabricante <input type="checkbox"/> Capacitación del personal para el diseño del proceso y del producto <input type="checkbox"/> Información de referencia para la LCA completa	<input type="checkbox"/> Para uso del sector público <input type="checkbox"/> Evaluación y determinación de políticas <input type="checkbox"/> Información de apoyo para la evaluación de las políticas y reglamentos <input type="checkbox"/> Información sobre la identificación de carencias <input type="checkbox"/> Ayuda a evaluar las declaraciones sobre las reducciones en el uso de recursos y descargas <input type="checkbox"/>
Evaluación externa y toma de decisiones <input type="checkbox"/> Se proporciona información sobre el uso de recursos y descargas <input type="checkbox"/> Declaraciones sustanciales sobre el uso de los recursos y las descargas	Educación pública <input type="checkbox"/> Crea materiales de apoyo para la educación pública <input type="checkbox"/> Ayuda en el diseño curricular
Sistemas analizados	
Liste los sistemas analizados del proceso/producto en este inventario:	
Suposiciones Importantes: (lista y descripción):	
Defina los límites Para cada sistema analizado, defina los límites por etapa del ciclo de vida, alcance geográfico, procesos primarios e ingresos incluidos en los límites del sistema. Opciones de administración de desechos a sólidos posterior al uso por parte del consumidor: Señale y describa las opciones analizadas en cada sistema. <input type="checkbox"/> Rellenos sanitarios _____ <input type="checkbox"/> Combustión _____ <input type="checkbox"/> Composta o abono _____	
<input type="checkbox"/> Reciclaje de ciclo abierto _____ <input type="checkbox"/> Reciclaje de ciclo cerrado _____ <input type="checkbox"/> Otros _____	
Bases para comparación	
<input type="checkbox"/> Este no es un estudio comparativo <input type="checkbox"/> Este es un estudio comparativo	
Establezca la base de comparación para los sistemas: (Ejemplo: 1 000 unidades, 1 000 usos)	
Si los productos o los procesos no se emplean con regularidad sobre una base uno a uno, mencione cómo se fijó la función equivalente.	
Construcción del modelo computacional	
<input type="checkbox"/> Los cálculos del sistema se realizan mediante una hoja de cálculo de computación que relaciona cada componente del sistema con el sistema total. <input type="checkbox"/> Los cálculos del sistema se realizan mediante otra técnica. Descríbala: _____	
Describa la forma en que se manejan los ingresos y las salidas finales a partir de la administración de los desechos sólidos después de su uso por parte del consumidor.	

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

**A.2 LISTA DE VERIFICACIÓN DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA PARTE I
 ALCANCE Y PROCEDIMIENTOS DE INVENTARIO⁽³⁾,
 (continuación)**

Aseguramiento de calidad (mencione las actividades específicas e iniciales del revisor)	
Revisión efectuada sobre:	
<input type="checkbox"/> Técnicas de recopilación de datos	<input type="checkbox"/> Datos de ingreso _____
<input type="checkbox"/> Asignación del producto _____	<input type="checkbox"/> Cálculos y fórmulas del modelo _____
	<input type="checkbox"/> Resultados y reportes _____
Revisión por expertos: (mencione las actividades específicas e iniciales del revisor)	
Revisión efectuada sobre:	
<input type="checkbox"/> Alcance y límites _____	<input type="checkbox"/> Datos de ingreso _____
<input type="checkbox"/> Técnicas de recopilación de datos	<input type="checkbox"/> Cálculos y fórmulas del modelo _____
<input type="checkbox"/> Asignación del coproducto _____	<input type="checkbox"/> Resultados y reportes _____
Presentación de resultados	
<input type="checkbox"/> La metodología se describe por completo	<input type="checkbox"/> El reporte puede necesitar más detalles para otro uso adicional, más allá del objetivo definido.
<input type="checkbox"/> Se reportan los contaminantes individuales	<input type="checkbox"/> Los análisis delicados se analizan, pero no se incluyen en el reporte. Enumere: _____
<input type="checkbox"/> Las emisiones se reportan sólo como totales agregados. Explique por qué: _____	
<input type="checkbox"/> El reporte tiene los suficientes detalles de acuerdo con su propósito definido.	

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

A.3 LISTA DE VERIFICACIÓN DEL INVENTARIO DEL CICLO DE VIDA PARTE II HOJA DE TRABAJO DE MÓDULO⁽³⁾.

Inventario de: _____		Preparó: _____		
Descripción de la etapa del ciclo de vida: _____				
Fecha: _____		Aprobación del aseguramiento de calidad _____		
DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO:				
	Valor de los datos (a)	Tipo (b)	Edad de los datos/Alcance (c)	Medición de calidad (d)
ENTRADAS AL MÓDULO				
Materiales				
Proceso				
Otros ()				
Energía				
Proceso				
Precombustión				
Uso del agua				
Proceso				
Relacionado con el combustible				
SALIDAS DEL MÓDULO				
Producto				
Coproductos				
Emisiones al aire				
Proceso				
Relacionado con el combustible				
Chorro de agua				
Proceso				
Relacionado con el combustible				
Desechos sólidos				
Proceso				
Relacionado con el combustible				
Reposición de capital				
Transporte				
Personal				
NOTAS:				
(a) Unidades incluidas				
(b) Indica si los datos son mediciones reales, estimaciones de ingeniería o valores teóricos publicados y si las cifras se obtienen a partir de un fabricante o instalación específica; o bien, si representan los valores promedio industriales. Utilice una fuente específica si es pertinente: Ejemplo: "obtenida del monitoreo de los datos de permisos de aguas residuales de la fábrica Atlanta".				
(c) Indica si las emisiones están todas disponibles, sólo reguladas o seleccionadas. Especifique los datos por su designación geográfica, Ejemplo: América del Norte, e indique el período comprendido. Ejemplo promedio mensual para 1991.				
(d) Liste las medidas disponibles sobre la calidad de los datos para los datos de cada artículo. Ejemplo: exactitud, precisión, representatividad, consistencia revisada, otra, o no disponible.				
(e) Incluye ingresos no tradicionales. Ejemplo: uso de suelo, cuando sea necesario y apropiado.				
(f) Si se aplicó el método de asignación del coproducto, indique las bases en la columna de medidas de calidad. Ejemplo: peso.				

ANEXO B

VERDE SIMEPRODESO.

Misión:

Continuar, como organismo público del Estado, dedicado al procesamiento y recuperación de materiales para reciclado, a su disposición final, confinamiento y soporte técnico de los desechos.

Esto mediante el óptimo aprovechamiento de los materiales logrando así preservar el medio ambiente y asegurar la total satisfacción de nuestros clientes del sector público y privado; a través de la operación de sistemas de calidad de clase mundial, logrando la autosuficiencia y el desarrollo integral de nuestra organización.

Visión:

En los próximos cuatro años buscaremos contar con tecnología de vanguardia en los procesos de reciclado, disposición final y confinamiento creando un centro integral para la culturización de los usos y beneficios de los desechos y garantizando la preservación del entorno ecológico del estado de Nuevo León.

ANTECEDENTES

El crecimiento y la industrialización constante de las ciudades han traído como consecuencia un problema que nos afecta a todos, la generación de productos de desecho domésticos o industriales. Tradicionalmente, y hasta hace algunos años, la basura se depositaba en tiraderos a cielo abierto provocando la proliferación de fauna nociva, transmisión de enfermedades, malos olores y un paisaje desagradable. En nuestros días, el método más adecuado para la disposición final de desechos sólidos, es el Relleno Sanitario. En su diseño, construcción y operación, se aplican tecnologías de punta que permiten proteger el medio ambiente.

Para resolver íntegramente el manejo y disposición final de la basura en Monterrey y su Área Metropolitana surgió VERDE SIMEPRODESO. Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos es un organismo público descentralizado del Gobierno del Estado de Nuevo León que opera desde hace nueve años y que actualmente cuenta con uno de los rellenos sanitarios más eficientes no sólo en el País, sino en América Latina.

El relleno sanitario está ubicado en la carretera a Colombia km. 10.5 en el municipio de Salinas Victoria. Sus instalaciones se encuentran distribuidas en un terreno de 212 hectáreas y de acuerdo a los últimos estudios, llegarán a disponerse en ellas hasta 30 millones de toneladas de basura logrando así, un tiempo de vida útil al año 2025.

FUNCIONES

"Verde SIMEPRODESO" es un proyecto que nace con la finalidad de servir a la comunidad en el manejo y la disposición adecuada de los residuos industriales y domésticos del Área Metropolitana de Monterrey.

Para cumplir tal función, se construyeron algunas trincheras tomando como base principal diversos estudios hidrogeológicos y de mecánica de suelos que fueron realizados.

Buscando siempre el bienestar de la comunidad y del medio ambiente, el relleno sanitario es una obra de ingeniería preparada que cuenta con un proceso consecutivo en el confinamiento de la basura.

Llegando primero la basura a nuestras instalaciones, después depositándola en las trincheras y posteriormente siendo extendida, triturada y compactada.

Una vez terminado el procedimiento una capa de arcilla se extiende sobre la superficie evitando la exposición al medio ambiente de los contaminantes.

Para evitar la contaminación, y como método de control de la misma, en los mantos freáticos, los taludes de las trincheras son selladas con una geomembrana de polietileno de alta densidad (1 mm de espesor) y en el fondo, se aplican 2 capas de 15 cm. de arcilla mezclada con bentonita compactada asegurando su impermeabilidad y garantizando también la seguridad en el confinamiento de residuos industriales no peligrosos.

Además de las medidas de protección antes mencionadas, se construyó también un sistema de conducción, captación y extracción de lixiviados en el fondo de las trincheras.

Así, las instalaciones confiables y seguras con que cuenta el relleno sanitario reciben diariamente más de 4,500 toneladas de basura.

SERVICIOS

"Verde SIMEPRODESO" cuenta con un laboratorio de análisis de compatibilidad de desechos industriales no peligrosos, condición que determina su confinamiento, dentro de las instalaciones.

Los residuos que provengan de un proceso industrial deben comprobar su "no" peligrosidad mediante un "Análisis de Cretib". Diagnóstico que los clasifica en corrosivos, reactivos explosivos, tóxicos, inflamables y biológico infecciosos.

Los residuos no peligrosos que se reciben en Verde SIMEPRODESO se clasifican como:

Municipales: su contenido es de un 45% de residuos orgánicos, mismos que son recolectados por los Ayuntamientos del Estado y enviados para su disposición a nuestro relleno.

Comerciales: son los residuos de oficinas y comercios cuyo contenido es equiparable al municipal y se componen en su mayoría por papel, cartón y desechos orgánicos.

Hospitalarios no peligrosos: son los residuos domésticos de los hospitales que no han tenido contacto con los pacientes y provienen de las áreas administrativas, comedores, visitas y jardines.

Industriales no peligrosos: todos aquéllos residuos que se generan en los procesos de producción y que no requieren de un tratamiento previo para su disposición final, como escorias de fundición, vidrios, arenas, lodos, poliuretanos, espumas fenólicas, ente otros.

Destrucción fiscal: es considerado como material de destrucción fiscal o física aquel que debe destruirse para evitar su consumo. Pueden ser materiales caducos o productos fuera de especificación que al ser destruidos se dan de baja en los inventarios evitando su comercialización en el mercado.

Cárnicos: son los residuos provenientes de rastros, curtidoras, granjas avícolas o empacadoras formados principalmente por hueso, huevo, carne, sangre y sólidos impregnados de los mismos.

Escombro: son los residuos no peligrosos e inertes que provienen de la demolición de construcciones como casas habitación o edificios, o bien aquellos generados en la fabricación de pisos, baños, azulejos cerámicos, etc. Estos pueden emplearse en la nivelación del terreno en el relleno sanitario.

Actualmente contamos con una Planta Clasificadora de Residuos Sólidos inaugurada en el mes de marzo, dentro de las instalaciones del relleno sanitario.

En esta planta el personal selecciona el material recuperable para ser reciclado como vidrio, aluminio, cartón, papel y metales.

Los recursos para la construcción de este proyecto fueron obtenidos gracias a la confianza e inversión de empresas regiomontanas mediante un acuerdo de venta anticipada de materiales como vidrio y aluminio; además de recursos propios de "Verde SIMEPRODESO".

Algunos beneficios de la planta clasificadora son de índole social y ambiental ya que generan 300 empleos y reducen notablemente el volumen de residuos a disponer en el relleno sanitario, incrementando su vida útil y evitando así, el uso de recursos naturales.

Próximos Proyectos.

Los esfuerzos realizados tienen el objetivo de desarrollar proyectos en las siguientes áreas de oportunidad:

- Recuperación de biogas para la generación de energía eléctrica o la comercialización del metano como gas industrial.
- Procesamiento y reciclado de llantas de desecho.
- Ampliación del servicio de confinamiento a otros municipios del Estado.
- Así como tecnología para la construcción y operación de rellenos sanitarios.

LOGROS

Con el esfuerzo y dedicación de todo el personal de "Verde SIMEPRODESO" y buscando siempre la excelencia en nuestros servicios, logramos obtener el "Premio Nuevo León a los Servicios Públicos de Calidad 1999", otorgado por el Gobierno del Estado.

Así mismo estamos operando bajo los criterios establecidos en el ISO 9002, lo cual nos permite acceder a las normas internacionales, garantizando nuestro servicio a nuestros clientes y a la comunidad en general.

MARCO LEGAL

El Sistema Metropolitano de Procesamiento de Desechos Sólidos (SIMEPRODESO), es un organismo público descentralizado del Estado, con personalidad jurídica propia y patrimonio propios, con domicilio en el municipio de Monterrey.

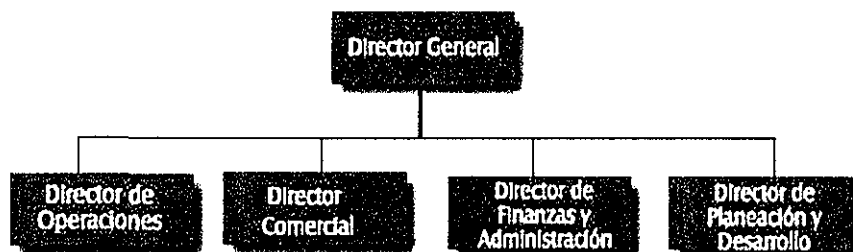
SIMEPRODESO fue creado mediante el Decreto número 100, publicado en el Periódico Oficial del Estado el día 1° de junio de 1987, y en el que se establece que tendrá por objeto prestar el servicio público de procesamiento de desechos sólidos en los municipios de Monterrey, Garza García, San Nicolás de los Garza, Guadalupe, Escobedo, Santa Catarina, Apodaca y Juárez.

La recolección exclusiva doméstica queda excluida por considerarse un servicio que seguirán prestando los municipios indicados.

Para establecer los precios y tarifas que se cobrarán por el servicio de disposición y confinamiento de desechos sólidos durante cierto tiempo, el Consejo Directivo del Organismo envía a la Comisión Intersecretarial de Precios y Tarifas del Estado un proyecto de cobros, a fin de que sea aprobado por dicha comisión.

Una vez aprobado, se realiza la publicación en el Periódico Oficial del Estado. El último aumento aprobado fue publicado el 16 de abril de 1999, continuando esas tarifas vigentes hasta la fecha.

ORGANIGRAMA



DIRECTORIO

Ing. Carlos Segovia García
Director General
Dirección: Emilio Carranza 730 sur, 2do piso,
Col. Centro C.P.64000. Monterrey, N.L.
Teléfonos: 343 92 04, 343 9264 y 344 54 30

Ing. Gregorio Lecea Villareal
Director de Operaciones
Dirección: Carretera a Colombia Km 10.5 Salinas Victoria, N.L.
Teléfonos: 397 02 37, 397 0782, 384 21 22 y 384 22 75

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Ing. Leopoldo Arellano Garza
Director Comercial
Dirección: Emilio Carranza 730 sur, 2do piso,
Col Centro C.P.64000. Monterrey, N.L.
Teléfonos: 345 89 91, 345 8992, 344 54 30

C.P. José Esteban Mata González
Director de Administración y Finanzas
Dirección: Emilio Carranza 730 sur, 2do piso,
Col. Centro C.P.64000. Monterrey, N.L.
Teléfono: 344 54 30

Ing. Jaime Luis Saldaña Méndez
Director de Planeación y Desarrollo
Dirección: Emilio Carranza 730 sur, 2do piso.
Col. Centro C.P.64000. Monterrey, N.L.
Teléfono: 344 54 30

ANEXO C

INICIATIVA DE LEY FEDERAL DE ENVASES Y EMBALAJES, A CARGO DEL GRUPO PARLAMENTARIO DEL PARTIDO VERDE ECOLOGISTA DE MÉXICO.

Jorge Emilio González Martínez, Jorge Alejandro Jiménez Taboada, Aurora Bazán López, Verónica Velasco Rodríguez y Gloria Lavara Mejía, diputados de la LVII Legislatura del Honorable Congreso de la Unión, integrantes del grupo parlamentario del Partido Verde Ecologista de México, con fundamento en los artículos 71, fracción II, y 72 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; 26 de la Ley Orgánica del Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos y 55, fracción II, 56, 60 y 64 del Reglamento para el Gobierno Interior del Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, solicitamos se turne a la Comisión de Comercio y Fomento Industrial para emitir dictamen; y a las de Hacienda y Crédito Público y Ecología y Medio Ambiente para emitir opinión, para su dictamen y posterior discusión en el Pleno de esta Cámara en la LVII Legislatura del H. Congreso de la Unión, la siguiente iniciativa de ley:

Exposición de Motivos

Todo elemento natural tiene un lapso para su aprovechamiento por las especies que se abastecen de él dentro del marco de sustentabilidad en el que tanto los elementos como las especies que se abastecen de él, se desarrollan.

En ese ciclo de aprovechamiento constante en el que las especies requieren de los materiales de su entorno para su desarrollo, la generación de residuos, es un factor importante para la conservación del equilibrio de los ecosistemas. Dependiendo del manejo que las especies proporcionen a sus desechos o residuos y del grado en que éstos sean asimilados por el medio ambiente por el proceso de degradación, será como los desperdicios puedan obstaculizar o fomentar el adelanto del ecosistema y de sus integrantes.

La especie humana, inserta en un proceso globalizador de comercio, requiere de elementos que sirvan para asegurar la sanidad y adecuada transportación de los productos que comercian; los empaques y embalajes cumplen esa función.

Estos elementos son en la actualidad desperdiciados y depositados en los basureros con la poca o nula posibilidad de reciclarlo. La posibilidad de reciclar o de reusar estos materiales, procurará que los desechos que genera la comercialización de los productos no produzcan grandes volúmenes de basura contaminante que alteren negativamente el equilibrio ecológico de las regiones.

Por ello, una de las soluciones más racionales para los residuos, desde el punto de vista de cualquier ecosistema, es su reutilización, es decir, su reincorporación al ciclo general de la materia, tal y como sucede en la naturaleza, y en ese proceso está inserta la industria de los empaques y embalajes.

Esta industria en la actualidad es bastante importante, pues participa con 1.16 por ciento del PIB y el 10.3 por ciento del PIB manufacturero.

A producir envases cada vez más sofisticados, con mayor ahorro de materia prima y no agresivos con el medio ambiente, esta industria mexicana ha logrado crecer en los últimos años, y en particular creció en un 8 por ciento en 1998 respecto del año inmediato anterior, independientemente de que se han incrementado las ventas de los productos del exterior en un 20.7 por ciento. Por eso, la producción interna aumenta como respuesta al incremento de las exportaciones, y en pocos años esa industria desplazará paulatinamente a la producción externa.

Los materiales más utilizados en la elaboración de envases para consumo nacional y de exportación son el vidrio, el metal, el papel, cartón y el plástico.

Según datos proporcionados por la Asociación Mexicana de Envases y Embalaje, por la Cámara Nacional de Fabricantes de Envases Metálicos, la Cámara Nacional de la industria de la Celulosa y el Papel, así como por Bancomext, Secofi e Inegi, durante 1998, fue que la participación aproximada de la industria del vidrio, del metal, del papel y cartón y del plástico en la producción de envases tuvo una producción nacional, respectivamente y en términos de toneladas, de 2 millones 625 mil, 472 mil 800, 2 millones y 844 mil; en el rubro de personal ocupado, de 13 mil 300, 12 mil 300, 21 mil 300 y 26 mil; en el aprovechamiento de la capacidad instalada de un 82%, 78%, 77% y 79%, y de un consumo per cápita en kilogramos, de 27.6, 5, 22 y 8.9.

Hoy, quienes participan en el sector de envases saben que la tendencia en los envases que cruzan fronteras es que sean amables con el ambiente, aptos para ser reutilizados varias veces, debiendo cuidar que el envase sea económico, pues los envases de exportación son altamente competitivos en el mercado internacional. Por ello, la legislación de protección ambiental más que convertirse en una de las principales amenazas del comercio exterior o de establecerse en una especie de barrera ecológica, pretende establecer criterios suficientes con los que se fomente la producción de envases que no impacten negativamente a los ecosistemas y que también no perjudique a los productores nacionales.

La industria del empaque y del embalaje enfrenta grandes retos y barreras comerciales. Si una empresa debe cumplir con normatividades diferentes de un país a otro, se ve obligada a sacrificar su volumen de producción al tener que desarrollar varios tipos de envases; nuestra propuesta trata de rebasar dicha dificultad.

Hay que partir de la perspectiva de que los envases producidos dentro de nuestro país tienen diferentes destinos, así, dichos envases van a ser depositados luego de su uso dentro y fuera del país. Los que quedan fuera del país, deben ser lo suficientemente competitivos como para poder enfrentar aquellos otros producidos en el exterior a bajo precio y con la posibilidad de su reuso o de su reciclaje, es decir, que empresas dedicadas al reciclaje de envases y demás materiales que los componen, tengan la facilidad de poder reciclar los envases que los productores nacionales exportan.

Los productores de envases acudirán así al ecodiseño de sus envases, donde se minimice la generación de contaminantes durante toda su producción, se disminuya el consumo de materias primas; se logre obtener ahorros importantes de energía y donde se empleen tecnologías limpias, reduciendo sobre todo la generación de residuos durante la producción y reutilización de envases usados.

La industria deberá planear muy bien el diseño de sus productos cuando pretenda exportarlos, pues se le obligará a que se reutilicen se reciclen o recuperen la energía.

También las industrias recicladoras encuentran dificultades cuando los plásticos que circulan en el mercado no precisan en primera instancia el tipo de plástico con que fueron elaborados y partiendo de la categoría a la que pertenezcan, entonces aplicar los procesos para su reciclaje. La Ley que se somete a la aprobación del Congreso pretende resolver estas dificultades para facilitar el reciclaje de materiales así como el perfeccionamiento de las normas ISO-14000 que se relacionan con la gestión ambiental dentro de la empresa, es decir, la denominada ecoadministración.

Es por todo ello que preferiremos, para el bienestar del medio ambiente como del adecuado aprovechamiento de los recursos que los envases puedan ser reutilizados que reciclados, en tanto que la producción de esos materiales requieren de energía, de la emisión de contaminantes así como de la producción de residuos muchos de las cuales en la mayoría de las veces, no pueden volver a ser utilizados o ser sometidos a un procedimiento de reciclaje.

Esta Ley tiene por objeto establecer las normas sobre la disposición de envases y residuos de envases de los diferentes usuarios, con la finalidad de prevenir o reducir su impacto sobre el medio ambiente y evitar posibles obstáculos.

Incluye dentro de su ámbito de aplicación a todos los envases puestos en el mercado nacional y jerarquiza las diferentes opciones de disposición de residuos, considerando como prioritarias, hasta que los avances técnicos y científicos sobre procesos de aprovechamiento de residuos no aconsejen

otra cosa, las medidas que tiendan a evitar su generación, seguidas de aquellas que tengan por finalidad fomentar su reutilización, reciclado o valorización para evitar o reducir la eliminación de estos residuos.

Asimismo, fija unos objetivos de reciclado y valorización que deberán cumplirse en todos los sectores sociales y económicos afectados de devolución, recogida y recuperación de residuos envases y de envases usados, con el fin de dirigirlos a las alternativas de disposición más adecuadas.

La Ley se estructura en siete capítulos, dedicados los tres primeros, respectivamente, a las disposiciones de general aplicación, a fijar determinados principios de actuación de las administraciones públicas para fomentar la prevención y la reutilización de los envases y a establecer los objetivos de reciclado y valorización previstos en la citada Directiva, el tiempo que se establecen unos objetivos intermedios de reciclado que deben cumplirse en el plazo de treinta y seis meses.

Para conseguir dichos objetivos, además de imponer a los fabricantes de envases la obligación de utilizar en sus procesos de fabricación material procedente de residuos de envases, salvo disposición legal expresa en sentido contrario, el capítulo IV regula dos diferentes procedimientos; en primer lugar, se establece, con carácter general, que los distintos agentes que participen en la cadena de comercialización de un producto envasado (envasadores, importadores, mayoristas y minoristas) deben cobrar a sus clientes, hasta el consumidor final, una cantidad por cada producto objeto de transacción y devolver idéntica suma de dinero por la devolución del envase vacío. En segundo lugar, los agentes citados podrán eximirse de las obligaciones derivadas del procedimiento general cuando participen en un sistema integrado de gestión de residuos de envases y envases usados, que garantice su recolección periódica y el cumplimiento de los objetivos de reciclado y valorización fijados. La autorización de estos sistemas, que se formalizarán mediante acuerdos voluntarios entre dichos agentes, se otorgará por los órganos competentes.

Los restantes capítulos regulan respectivamente, los requisitos exigibles a los envases, la información a suministrar, la programación, los instrumentos económicos y el régimen sancionador.

La competencia del Congreso para legislar en la materia de la que se ocupa la presente iniciativa, deriva fundamentalmente de dos preceptos: del artículo 73 constitucional, fracciones X y XXIX-G, en tanto que si por un lado está facultado para expedir leyes que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los estados, del Distrito Federal y de los municipios en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico, es decir que es competente para legislar en materia ecológica respecto de las materias que competen a la Federación, y dado que la materia mercantil o de comercio es competencia de la Federación, según se desprende de la lectura de la fracción X del artículo 73 de la Constitución General de la República, entonces el Congreso tiene facultades para legislar en todo lo relativo a envases y embalajes. Tal afirmación parece confirmarse con la emisión de Normas Oficiales Mexicanas, que son del orden federal y que regulan más detalladamente ésta materia.

El grupo parlamentario del Partido Verde Ecologista de México, interesado en la conservación del equilibrio de los ecosistemas, presenta esta iniciativa para cubrir uno de los grandes vacíos legales que en la medida que sean atendidos, permitirán la viabilidad de nuestro desarrollo dentro de un marco sustentable.

Por ello, los diputados del Partido Verde Ecologista de México, sometemos a esta Cámara de Diputados de la LVII Legislatura del Honorable Congreso de la Unión, la presente iniciativa de:

Decreto por el que se expide la LEY FEDERAL DE EMPAQUES Y EMBALAJES

Artículo Único.- Se expide la Ley Federal de Envases y Embalajes, para quedar como sigue:

Ley Federal de Envases y Embalajes

Capítulo I

Disposiciones Generales

Artículo 1.- La presente ley es de orden público e interés social y tiene por objeto regular la fabricación, comercialización, recolección, reutilización y reciclaje de envases y embalajes para evitar la generación de residuos sólidos y minimizar su impacto ecológico ambiental.

Artículo 2.- Para alcanzar los anteriores objetivos y en concordancia con las disposiciones establecidas en el capítulo IV de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se establecerán medidas destinadas, en primer lugar y prioritariamente a la prevención de la generación de residuos de envases y embalajes, y en segundo término, a su reutilización, reciclado y demás formas de valorización, con la finalidad de evitar o reducir su desperdicio, eliminación o confinamiento.

Artículo 3.- Quedan dentro del ámbito de aplicación de esta Ley todos los envases y embalajes así como sus residuos puestos en el mercado y generados en todo el territorio nacional, incluyendo los importados.

Artículo 4.- Lo establecido en esta Ley lo será independientemente y sin perjuicio de las disposiciones de carácter especial referentes a la seguridad, protección de la salud e higiene de los productos envasados.

Los medicamentos o productos de laboratorio u hospitalarios que por sus características biológicas, químicas o físicas requieran para su conservación de envases especializados, quedarán exentos de las disposiciones a las que se refiere la presente Ley, debiendo de aplicarse al respecto lo relativo a los artículos 213, 264 y demás disposiciones del título décimo segundo de la Ley General de Salud.

En el manejo, disposición, transporte y confinamiento de residuos peligrosos, incluidos los biológico-infecciosos, se deberán observar las disposiciones establecidas en la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y sus normas.

Artículo 5.- Para los efectos de esta ley, se entenderá por:

A) Agentes económicos: Los fabricantes o importadores de materias primas para la fabricación de envases y embalajes, así como los valorizadores y recicladores; los fabricantes de envases y embalajes, los envasadores y los comerciantes o distribuidores; los recuperadores de residuos de envases y embalajes y de envases y embalajes usados; y los consumidores y usuarios.

B) Biodegradación o biodegradable: La propiedad natural que tienen los materiales para degradarse y reintegrarse a la naturaleza mediante procesos biológicos sin dañar al medio ambiente en un lapso no mayor a cinco años.

C) Comerciantes o distribuidores: Los agentes económicos dedicados a la distribución, mayorista o minorista, de envases y embalajes o de productos envasados.

A su vez, dentro del concepto de comerciantes, se distingue:

a) Comerciantes o distribuidores de envases y embalajes: los que realicen transacciones con envases y embalajes vacíos.

b) Comerciantes o distribuidores de productos envasados: los que comercialicen mercancías envasadas, en cualquiera de las fases de comercialización de los productos.

D) Eliminación: Todo procedimiento dirigido al almacenamiento o vertido controlado de los residuos de envases, así como a su destrucción total o parcial por incineración u otros métodos que no impliquen recuperación de energía, sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

E) Envasadores: Los agentes económicos dedicados tanto al envasado de productos como a la importación o adquisición de productos envasados para su puesta en el mercado.

F) Envase: Todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utilice para contener, proteger, envolver, manipular, distribuir, transportar y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados en cualquier fase de la cadena de fabricación,

distribución y consumo. Se considerarán también envases todos los artículos desechables utilizados con este mismo fin.

G) Embalaje: Todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utilice para contener, proteger, envolver, manipular, distribuir, transportar y presentar mercancías que sean de uso exclusivo en las industrias, comercios, servicios o importaciones y exportaciones agrícolas y ganaderas y que, por tanto, no sean susceptibles de uso y consumo ordinario en los domicilios particulares.

H) Fabricantes de envases o de embalajes: Los agentes económicos dedicados tanto a la fabricación de envases como a la importación o adquisición de envases vacíos ya fabricados.

I) Manejo: La recolección, la clasificación, el transporte, el almacenamiento, la valorización y la eliminación o confinamiento de los residuos de envases y embalajes, incluida la vigilancia de estas operaciones.

J) Prevención: La reducción de la cantidad y del impacto para el medio ambiente, mediante el desarrollo de productos y técnicas no contaminantes, de:

a) Los materiales y sustancias utilizadas en la elaboración de los envases y embalajes y también las de aquellos que estén presentes en sus residuos.

b) Los envases y embalajes así como sus residuos en el proceso de producción y en la comercialización, la distribución, la utilización y la eliminación.

K) Reciclaje: El proceso industrial de transformación al que se someten los materiales de residuo para utilizarse como materia prima en una nueva cadena o ciclo productivo y que tiene por finalidad la generación de bienes muebles.

L) Recuperadores de residuos de envases y envases usados: Los agentes económicos dedicados a la recolección, clasificación, almacenamiento, acondicionamiento y comercialización de residuos de envases para su reutilización, reciclado y otras formas

M) Recuperación de energía: El uso de residuos de envases y embalajes combustibles para generar energía mediante incineración directa con o sin otros residuos, pero con recuperación de calor.

N) Residuo de envase o embalaje: Todo envase, embalaje o sus materiales de los cuales se desprende su poseedor.

Ñ) Reuso o reutilización: El proceso de aprovechamiento físico de los envases y/o embalajes o sus materiales, sin que sean sujetos de procesos industriales de transformación.

O) Secofi: La Secretaría de Comercio y Fomento Industrial;

P) Semarnap: La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca;

Q) SHCP: La Secretaría de Hacienda y Crédito Público;

R) Valorización: Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos de envases o embalajes, incluida la incineración con recuperación de energía sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

Artículo 6.- La aplicación de esta ley depende de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

Dicha autoridad, conjuntamente con la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, podrán establecer aquellas medidas de carácter económico, ambiental, financiero, fiscal o administrativo que sean necesarias, con la finalidad de favorecer el manejo y producción de los envases y embalajes, así como de sus materiales y residuos sin perjudicar al medio ambiente.

Artículo 7.- Se considera de interés público y social, que las autoridades relacionadas con la producción o el manejo de los envases, embalajes, así como de sus partes y residuos, en cualquiera de las modalidades permitidas en esta Ley, publiquen, con anterioridad a su entrada en vigor, todos los proyectos de reglamento, decreto, acuerdo o demás actos administrativos de carácter general, en el Diario Oficial de la Federación, con la finalidad de darle oportunidad a cualquier interesado o posible

afectado, de formular las observaciones que consideren pertinentes por las medidas propuestas, dentro del término de treinta días siguientes al de su publicación.

Capítulo II

Competencia

Artículo 8.- La Federación, los estados, el Distrito Federal y los municipios ejercerán sus atribuciones en materia de regulación de envases y embalajes, de conformidad con la distribución de competencias prevista en esta Ley y en otros ordenamientos legales.

Artículo 9.- Son facultades de la Federación:

- I. La formulación y conducción de la política nacional de fabricación y manejo de envases y embalajes;
- II. Coordinar el sistema nacional de producción y mejoramiento de envases y embalajes así como de sus residuos y partes;
- III. Establecer y coordinar programas de fomento al reciclaje que tiendan a la reducción y manejo de envases; y
- IV. La atención de los asuntos que derivado del manejo o eliminación de envases y embalajes, de sus residuos y partes, afecten al equilibrio ecológico en el territorio nacional o en las zonas sujetas a la soberanía y jurisdicción de la Nación.

Artículo 10.- Corresponde a la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial el ejercicio de las siguientes atribuciones:

- I. Autorizar el funcionamiento y puesta en operación de los centros de fabricación o producción de envases y embalajes;
- II. Autorizar a los fabricantes de envases los modelos de éstos que saldrán al mercado, con el fin de que cumplan con un diseño ecológico;
- III. Elaborar las Normas Oficiales Mexicanas que regulen lo relativo a la materia de envases y embalajes, así como de su composición, en los términos del artículo 32 de esta Ley, y de su diseño, atendiendo las observaciones que previamente la Semarnap formule al respecto;
- IV. Establecer las cantidades individualizadas a que se refiere el artículo 35 de esta Ley; y
- V. Las demás que le otorgue esta Ley y las demás disposiciones legales relativas.

Artículo 11.- Corresponde a la Secretaría de Ecología, Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca el ejercicio de las siguientes atribuciones:

- I. Formular y vigilar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas mediante las cuales regule las opciones de ecodiseño por las que podrán optar los fabricantes de envases y embalajes;
- II. Expedir las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes y necesarias para el cumplimiento de las disposiciones de esta Ley, así como de aquellas a las que se deberán sujetar los sitios, el diseño, la construcción y la operación de las instalaciones destinadas a la disposición final de residuos de envases y embalajes municipales, de conformidad a lo dispuesto en el párrafo segundo del artículo 137 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;
- III. Formular las observaciones que considere conducentes a las Normas Oficiales Mexicanas y a los Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas que elabore la Secofi de las señaladas en la fracción III del artículo anterior;
- IV. La evaluación del impacto ambiental de los centros de fabricación y manejo de envases y embalajes, así como de sus residuos y partes;
- V. El fomento de la aplicación de tecnologías, equipos y procesos que reduzcan las emisiones y descargas contaminantes provenientes de los centros de producción y manejo de envases y embalajes así como de sus residuos y componentes, en coordinación con las autoridades de los estados, el Distrito Federal y los municipios;
- VI. Aprobar los métodos de manejo o aprovechamiento de residuos de envases y embalajes cuando conlleven recuperación de energía;
- VII. La promoción de la participación social en el control y evaluación de los centros de fabricación o producción y manejo de envases y embalajes así como de sus residuos y componentes;

VIII. La atención de los asuntos que con motivo de la operación de centros de manejo de residuos de envases y embalajes así como de sus residuos y componentes, así como de la fabricación de los mismos, afecten el equilibrio ecológico de dos o más entidades federativas;

IX. Promover la celebración de acuerdos de coordinación y asesoría con los gobiernos estatales y municipales para la implantación y mejoramiento de sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes municipales, así como de sus componentes; para la identificación de las mejores alternativas de reutilización y disposición final de los mismos, para lo cual deberá participar en la elaboración de inventarios de los mismos y de sus fuentes generadoras; y

X. Las demás que le otorguen esta Ley y otras disposiciones legales.

Artículo 12.- Corresponde a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público el ejercicio de las siguientes atribuciones:

I. Proponer medidas fiscales con el fin de hacer competitivos los envases y embalajes en el ámbito del comercio exterior; y

II. Proponer las medidas financieras y fiscales para desincentivar la producción o fabricación de aquellos envases y embalajes que contravengan lo dispuesto en el artículo 21 de esta Ley.

Artículo 13.- Las atribuciones que esta Ley otorga a la Federación, serán ejercidas por el Poder Ejecutivo Federal a través de las Secretarías anteriormente señaladas.

Cuando por razón de la materia y de conformidad con la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal u otras disposiciones legales aplicables, se requiera de la intervención de otras dependencias, la Secofi ejercerá sus atribuciones en coordinación con las mismas.

Las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal que ejerzan atribuciones que les confieren otros ordenamientos cuyas disposiciones se relacionen con el objeto de la presente ley, ajustarán su ejercicio a los criterios establecidos en la presente ley para la preservación del equilibrio ecológico y del aprovechamiento sustentablemente los recursos naturales, así como a las disposiciones de los reglamentos, normas oficiales mexicanas, programas de ordenamiento ecológico y demás normatividad que de la misma se derive en el ámbito de sus respectiva competencia.

Artículo 14.- Corresponde a los estados, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

I. La formulación, conducción, ejecución y valuación de la política estatal de fabricación y manejo de envases y embalajes;

II. Coordinar el sistema estatal de producción y mejoramiento de envases y embalajes así como de sus residuos y partes;

III. Establecer y coordinar programas estatales de fomento al reciclaje que tiendan a la reducción y manejo de envases;

IV. La atención de los asuntos que con motivo de la operación de centros de manejo de residuos de envases y embalajes así como de sus residuos y componentes, así como de la fabricación o eliminación de los mismos, afecten el equilibrio ecológico de dos o más municipios del estado;

V. La aplicación de instrumentos o medidas estatales de carácter económico, ambiental, financiero, fiscal o administrativo que sean necesarias, con la finalidad de favorecer el manejo y producción de los envases y embalajes, así como de sus materiales y residuos sin perjudicar al medio ambiente;

VI. La regulación de los sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes que no estén considerados como peligrosos, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 7, fracción VI, y 137, ambos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;

VII. La formulación y conducción de la política municipal de información y difusión relativa a la producción, manejo y eliminación de envases, embalajes y de sus residuos y componentes; y

VIII. Las demás que esta Ley y las demás relativas de la materia les confieran.

Artículo 15.- Corresponde a los municipios, de conformidad con lo dispuesto en esta Ley y las leyes locales en la materia, las siguientes facultades:

- I. La formulación, conducción y evaluación de la política de manejo de residuos de envases y embalajes municipales;
- II. Autorizar la puesta en operación de los sistemas de mejoramiento de envases, así como de las demás opciones señaladas en el artículo 31 de esta Ley, sea que el sistema adoptado sea de un solo tipo o mixto, atendiendo a lo dispuesto en el artículo 137 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente;
- III. Procurar que los envases y embalajes utilizados por los comerciantes en los municipios sean reutilizables;
- IV. El establecimiento, regulación, administración y vigilancia de los centros de manejo de envases y embalajes así como de sus residuos o partes;
- V. Establecer y coordinar programas municipales de fomento al reciclaje que tiendan a la reducción y manejo de envases;
- VI. La aplicación de instrumentos o medidas municipales de carácter económico, ambiental, financiero, fiscal o administrativo que sean necesarias, con la finalidad de favorecer el manejo y producción de los envases y embalajes, así como de sus materiales y residuos sin perjudicar al medio ambiente;
- VII. La formulación y conducción de la política municipal de información y difusión relativa a la producción, manejo y eliminación de envases, embalajes y de sus residuos y componentes; y
- VIII. Las demás que esta Ley y las demás relativas de la materia les confieran.

Artículo 16.- Corresponde al Gobierno del Distrito Federal, en materia de regulación de la producción y manejo de envases, conforme a las disposiciones legales que expida la Asamblea Legislativa del Distrito Federal, las facultades a que se refieren los artículos 14 y 15 de esta Ley.

Artículo 17.- La Federación por conducto de las Secretarías señaladas con anterioridad, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación con el objeto de que los estados o el Distrito Federal asuman las siguientes funciones:

- I. El manejo y vigilancia de los centros de producción y manejo de envases y embalajes, así como de sus residuos y componentes;
- II. El control del volumen de los residuos de envases y embalajes producidos y almacenados;
- III. El control de acciones para la evaluación de impacto ambiental de los centros de producción y manejo de envases y embalajes, así como de sus residuos y componentes;
- IV. La realización de acciones operativas tendientes a cumplir con los fines previstos en este ordenamiento; y
- V. La realización de acciones para la vigilancia del cumplimiento de las disposiciones de esta Ley.

Asimismo, los estados podrán suscribir con sus municipios convenios de coordinación, previo acuerdo con la Federación, efecto de que éstos asuman la realización de las funciones anteriormente referidas.

Artículo 18.- Los convenios o acuerdos de cooperación que suscriban la Federación con el Distrito Federal y los estados, y éstos con los municipios, para los propósitos a que se refiere el artículo anterior, deberán ajustarse a las siguientes bases:

- I. Definirán con precisión las materias y actividades que constituyan el objeto del convenio o acuerdo;
- II. Deberá ser congruente el propósito de los convenios o acuerdos de coordinación con las disposiciones del Plan Nacional de Desarrollo y con la política ambiental nacional;
- III. Se describirán los bienes y recursos que aporten las partes esclareciendo cual será su destino específico y su forma de administración;
- IV. Se especificará la vigencia del convenio o acuerdo, sus formas de terminación y de solución de controversias y, en su caso, de prórroga;
- V. Definirán el órgano u órganos que llevarán a cabo las acciones que resulten de los convenios o acuerdos de coordinación, incluyendo las de evaluación, y
- VI. Contendrán las demás estipulaciones que las partes consideren necesarias para el correcto cumplimiento del convenio o acuerdo.

Los convenios a que se refiere el presente artículo, deberán ser publicados en el Diario Oficial de la Federación y en el órgano oficial del gobierno local respectivo.

Artículo 19.- Los estados podrán suscribir entre sí y con el Gobierno del Distrito Federal, en su caso, convenios o acuerdos de coordinación y colaboración administrativa, con el propósito de atender y resolver problemas ambientales comunes relativos al manejo y producción de envases y embalajes, y ejercer sus atribuciones a través de las instancias que al efecto determinen, atendiendo a lo dispuesto en las leyes locales que resulten aplicables. Las mismas facultades podrán ejercer los municipios entre sí, aunque pertenezcan a entidades federativas diferentes, de conformidad con lo que establezcan las leyes señaladas.

Artículo 20.- Las dependencias y entidades de la Administración Pública se coordinarán con la Secofi y la Semarnap para la realización de las acciones conducentes, cuando exista peligro para la conservación del equilibrio ecológico de alguna zona o región del país, como consecuencia de la implementación de sistemas o programas de manejo de envases que resulten poco propicios para las zonas o regiones y demás acontecimientos producidos por fenómenos naturales, caso fortuito o fuerza mayor.

Capítulo III

De los Envases y Embalajes

Sección Primera

Disposiciones generales

Artículo 21.- Los envases y embalajes de todos los productos o materias primas que se obtengan, fabriquen, transporten, distribuyan o comercialicen deberán producirse preferentemente con elementos materiales que garanticen su biodegradación o reciclaje.

Artículo 22.- Cuando los envases y embalajes contengan o estén conformados por más de un tipo de material, deberán ser susceptibles de una fácil separación mecánica de los mismos, a efecto de garantizar su pronta biodegradación o reciclaje. De lo contrario se les considerará productos no biodegradables y no reciclables sujetos a la aportación económica señalada en la sección segunda del presente capítulo.

Artículo 23.- Cuando los envases y embalajes contengan o estén conformados por más de un tipo de material, y dichos materiales no sean susceptibles de separación mecánica, pero en su conjunto demuestran propiedades de fácil biodegradación, éstos no serán sujetos a la aportación económica a la que se refiere la sección segunda del capítulo III de esta Ley.

Artículo 24.- Queda prohibida la producción o utilización de envases y embalajes que puedan contaminar alimentos o bebidas para el consumo humano y animal. Lo anterior, independientemente de las disposiciones que en materia de salud, seguridad y sanidad se hayan expedido con anterioridad.

Artículo 25.- Los medicamentos y productos farmacéuticos, hospitalarios o de laboratorio, que por su propia naturaleza o uso requieran de envases o embalajes especiales para su protección o almacenamiento, quedarán exentos de las disposiciones de la presente Ley, y únicamente deberán señalar las características materiales de conformidad con los artículos 27 y 28 de esta Ley.

Sección Segunda

De la Clasificación de Envases y Embalajes

Artículo 26.- Los envases y embalajes deberán clasificarse en función de su naturaleza material a efecto de facilitar su identificación y manejo, para lo cual deberán exhibir en un lugar visible dicha clasificación de acuerdo a las disposiciones de la presente Ley.

Artículo 27.- Los envases y embalajes se clasificarán de la siguiente manera:

- I. Aquellos envases y embalajes cuya naturaleza material les confiera propiedades de biodegradación exhibirán en un lugar visible de forma clara la leyenda "Este envase (embalaje) es biodegradable y no contamina el medio ambiente",

II. Aquellos envases y embalajes cuya naturaleza material sólo les confiera propiedades susceptibles para ser reciclados exhibirán en un lugar visible de forma clara la leyenda "Este envase (embalaje) es reciclable";

III. Aquellos envases y embalajes que no sean biodegradables o susceptibles de reciclaje deberán exhibir en un lugar visible de forma clara la leyenda "El envase (embalaje) de este producto NO es biodegradable y tampoco se puede reciclar, por lo que su consumo genera daños al medio ambiente".

IV. Aquellos envases y embalajes que sean el resultado de procesos de reciclaje deberán exhibir en un lugar visible de forma clara la leyenda: "Este envase (embalaje) es reciclado y contribuye a la conservación del medio ambiente".

En cualquier caso, los envases y embalajes deberán ostentar el marcado correspondiente tanto sobre el envase como sobre la etiqueta. Dicho marcado deberá ser claramente visible y fácilmente legible, y deberá tener una persistencia y una durabilidad adecuadas, incluso una vez abierto el envase.

Artículo 28.- Los envases y embalajes cuya naturaleza material sea plástico derivado del petróleo deberán llevar grabado un número de clasificación que los identifique con el tipo de plástico al que pertenecen.

La clasificación de los plásticos será la que determine la norma oficial correspondiente.

Artículo 29.- Los envases y embalajes de naturaleza metálica deberán señalar mediante una leyenda si se trata de metales del tipo ferroso o del tipo no ferroso.

Sección Tercera

De la Fabricación de Envases

Artículo 30.- En lo relativo a la fabricación de envases, serán aplicables las disposiciones señaladas en los artículos anteriores de esta. Ley.

Capítulo IV

De las Opciones de Mejoramiento de Residuos de Envases y Embalajes

Sección Primera

De las Opciones de Mejoramiento

Artículo 31.- La Federación, los estados y los municipios, para el aprovechamiento de los envases que se encuentren en su territorio, podrán optar por cualquiera de las siguientes opciones:

- I. Por el Sistema de Depósito;
- II. Por el Sistema de Mejoramiento, y
- III. Por la Producción de Envases No Retornables.

Artículo 32.- La opción que hayan decidido elegir cada una de las esferas de gobierno, deberá ser notificada a la Secretaría de Ecología de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca para su aprobación y así pueda emitir la autoridad municipal el permiso de operación correspondiente.

Artículo 33.- La Federación, los estados y municipios podrán combinar las opciones señaladas en el artículo 31 para tener un sistema mixto, el cual deberá ser sometido a consideración del Consejo Consultivo para el Mejoramiento Ambiental con el fin de que emita su opinión respecto a la viabilidad del sistema por adoptar.

Artículo 34.- Toda esfera de gobierno, deberá optar por cualquiera de los sistemas de mejoramiento anteriormente señalados o por el sistema mixto más propicio para su desarrollo.

Sección Segunda

Del Sistema de Depósito

Artículo 35.- Son obligaciones de los envasadores y de los comerciantes de los productos envasados:

- a) Cobrar a sus clientes hasta el consumidor final, una cantidad individualizada por cada envase que sea objeto de transacción. Esta cantidad no tendrá la consideración de precio ni estará sujeta, por tanto, a tributación alguna;

b) Aceptar la devolución, o retorno de los residuos de envases y envases usados cuyo tipo, formato o marca comercialicen, devolviendo la misma cantidad que haya correspondido cobrar de acuerdo con lo establecido en el apartado anterior;

No obstante lo señalado en el párrafo anterior, los envasadores sólo estarán obligados a aceptar la devolución y retorno de los envases de aquellos productos puestos por ellos en el mercado.

Asimismo, los comerciantes sólo estarán obligados a aceptar la devolución y retorno de los residuos de envases y envases usados de los productos que ellos hubieran distribuido si los hubiesen distinguido o acreditado de forma tal que puedan ser claramente identificados.

Cuando no sea posible identificar a los envasadores y a los comerciantes de productos envasados, los responsables de la primera puesta en el mercado de los productos envasados, tendrán las mismas obligaciones que aquellos.

Artículo 36.- El poseedor final de los residuos de envases y envases usados de acuerdo con lo establecido en el artículo anterior, deberá entregarlos en la forma indicada en el artículo 57.

Artículo 37.- Las cantidades individualizadas a que se refiere el artículo 35 de esta Ley, serán fijadas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial en cuantía suficiente para garantizar el retorno de los residuos de envases y de envases usados.

Artículo 38.- Los envases a los que les sea aplicable lo establecido en esta sección deberán distinguirse de aquellos otros envases acogidos a alguno de los sistemas de mejoramiento de envases y embalajes regulados en la sección tercera de este capítulo, a cuyo efecto la Secretaría de Ecología, Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, aprobará la leyenda o el símbolo con el que deberán identificarse obligatoriamente en todo el territorio nacional.

Lo establecido en este artículo será también de aplicación a los envases comercializados mediante máquinas expendedoras automáticas y a la venta por correo.

Sección Tercera

Del Sistema de Manejo de Envases y Embalajes

Artículo 39.- Los agentes económicos indicados en el artículo 35 podrán eximirse de las obligaciones reguladas en dicho artículo, cuando participen en un sistema de manejo de residuos de envases y embalajes derivados de los productos por ellos comercializados.

Estos sistemas de manejo garantizarán, en su ámbito de aplicación, el cumplimiento de los objetivos de reciclaje y valorización, en los porcentajes y plazos establecidos en el artículo segundo transitorio.

Artículo 40.- Los sistemas de manejo tendrán como finalidad la recolección periódica de envases usados y residuos de envases, en el domicilio del consumidor o en sus proximidades, y se constituirán en virtud de acuerdos adoptados entre los agentes económicos que operen en los sectores interesados, y deberán ser autorizados por el órgano competente de los estados y del Distrito Federal según donde se implanten territorialmente, previa audiencia de los consumidores y usuarios.

Los estados, Distrito Federal y municipios comunicarán a la Semarnap las autorizaciones que se hayan concedido.

Artículo 41.- Los envases incluidos en un sistema de manejo gestión, deberán identificarse mediante símbolos acreditativos, idénticos en todo el ámbito territorial de dicho sistema.

Artículo 42.- La autorización de los sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes contendrá al menos, los siguientes requisitos, que deberán ser manifestados por los agentes económicos en su solicitud de autorización:

- a) Identificación y domicilio del agente económico, que de tratarse de persona moral, deberá tener personalidad jurídica propia y haberse constituido con una anterioridad de por lo menos dos años a la asignación de la operación del sistema;
- b) Identificación y domicilio del agente económico al que se le asigne la recepción de los residuos de envases y de los envases usados de las entidades estatales o municipales participantes, así como de aquéllas a las que se les encomiende la reutilización de los envases usados o el reciclado

o la valorización de los residuos de envases, en el caso de ser diferentes a la que se refiere el apartado anterior;

c) Identificación de los agentes económicos que pertenecen al sistema integrado de gestión y de la forma en que podrán adherirse al mismo otros agentes económicos que deseen hacerlo en el futuro;

d) Delimitación del ámbito territorial del sistema integrado de gestión;

e) Porcentajes previstos de reciclado, de otras formas de valorización y de reducción de los residuos de envases generados y mecanismos de comprobación del cumplimiento de dichos porcentajes y del funcionamiento del sistema integrado de gestión;

f) Identificación del símbolo acreditativo de integración al sistema;

g) Identificación de la naturaleza de la materia de los residuos de envases y envases usados a los que sea de aplicación el sistema; y

h) La autorización de los sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes y de envases y embalajes usados quedará sujeta a la prestación de una fianza, aval bancario u otro tipo de garantía, en cuantía suficiente, a juicio de la Autoridad autorizante, para responder del cumplimiento de las obligaciones de contenido económico que se deriven de la actuación de los sistemas integrados de gestión.

Artículo 43.- Las autorizaciones de los sistemas integrados de gestión tendrán carácter temporal y se concederán por un periodo de cinco años, pudiendo ser renovadas de forma sucesiva por idéntico periodo de tiempo; dichas autorizaciones no podrán transmitirse a terceros sin la previa autorización de la Semarnap.

Cualquier cambio producido en las determinaciones requeridas para la autorización antes de concluir el periodo señalado de cinco años deberá ser notificado a la autoridad competente so pena de revocación en los términos de esta Ley.

La autorización otorgada al agente económico no podrá ser invocada por el mismo para excluir o disminuir la responsabilidad en que pudiera incurrir su titular en su operación.

Artículo 44.- La participación de los municipios en los sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes, y envases y embalajes usados, se llevará a cabo mediante la celebración de convenios de colaboración entre éstos y de coordinación entre esos mismos y la entidad federativa en la que se le asigne la operación del sistema.

Cuando las entidades federativas tengan programado el desarrollo de un sistema estatal de manejo de residuos de envases y embalajes, éste deberá operar en conjunto con el de los municipios, si éstos adoptaron el suyo con anterioridad; de lo contrario, es decir si los municipios no han adoptado aún un sistema determinado, entonces la entidad federativa coordinará los sistemas de manejo que los municipios vayan a desarrollar; lo anterior, de conformidad al Programa Estatal y los Programas municipales que sobre aprovechamiento de residuos de envases y embalajes hayan expedido con anterioridad dichas autoridades.

Artículo 45.- De acuerdo con lo que se establezca en los convenios de colaboración y coordinación señalados en el cuerpo de esta Ley, los agentes económicos respectivos a los que se les haya otorgado la concesión de los sistemas de manejo, deberán comprobar a las entidades federativas la recolección selectiva de los residuos de envases y envases usados incluidos en el sistema integrado de manejo de que se trate, y su transporte hasta los centros de separación y clasificación o en su caso directamente a los de reciclado o valorización

En los centros indicados en el párrafo anterior, los sistemas de manejo se harán cargo de todos los residuos de envases y envases usados, separándolos por materiales, y debiéndolos entregar en la forma indicada en el artículo 57.

Los municipios podrán celebrar convenios de colaboración con otros municipios de la entidad federativa a la que pertenezcan respecto de los sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes, así como de envases y embalajes usados, los cuales deberán estar de acuerdo con el programa estatal de manejo de residuos de envases y embalajes. Asimismo, municipios de diversos

estados podrán celebrar convenios de colaboración entre sí, pero para tal efecto deberán contar con la autorización de las entidades federativas de aquellos en los que se vayan a implementar, previa celebración de un acuerdo de coordinación con las mismas, así como de la Semarnap en lo relativo al cumplimiento de las disposiciones del Programa Nacional de Envases y Embalajes.

Los municipios, en cualquier caso, notificarán a la Semarnap los convenios de colaboración y coordinación, que, en su caso, hayan celebrado con otros municipios o con las entidades federativas.

Artículo 46.- Los municipios que no participen en algún sistema de manejo, convendrán con las entidades federativas a los que pertenezcan, un procedimiento para posibilitar el cumplimiento, respecto de los residuos de envases generados en su ámbito territorial, de los objetivos de reciclado, valorización y reducción señalados en el artículo transitorio segundo.

Artículo 47.- Los sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes, así como de los envases y embalajes usados, podrán ser operados por las propias autoridades municipales o bien, podrá ser concesionado a particulares que deberán cumplir los requisitos señalados en el artículo 42 de esta Ley. En caso de que fueran diversos los agentes económicos los participantes involucrados en el sistema de manejo de envases y embalajes y de envases y embalajes usados, el municipio o bien su defecto, la entidad federativa correspondiente a la que pertenezca el municipio, deberá coordinar los trabajos de dichos agentes económicos, debiendo cumplir estos los requisitos señalados en el artículo 42 de esta Ley.

Artículo 48.- Las entidades federativas asegurarán la participación de los municipios y de los consumidores y usuarios en el seguimiento y control del grado de cumplimiento de los objetivos a alcanzar y de las obligaciones asumidas por los sistemas integrados de gestión, sin perjuicio de otras formas de participación que se consideren convenientes.

Asimismo, la Administración General del Estado podrá participar en el seguimiento de los objetivos y obligaciones de los sistemas integrados de gestión.

Sección Cuarta

Del Programa Nacional de Envases y Embalajes

Artículo 49.- La Semarnap, en colaboración con la Secofi, serán las autoridades encargadas de formular el Programa Nacional de Envases y Embalajes, integrando los programas elaborados por los estados y los municipios. El Programa Nacional formará parte del Plan Nacional de Desarrollo y tendrá validez para todo el territorio nacional.

Para tal efecto, los programas de manejo de residuos de envases y embalajes estatales, del Distrito Federal y municipales, deberán contener determinaciones específicas sobre el manejo de envases y embalajes, de envases y embalajes usados así como de sus residuos.

En el Programa Nacional de Envases y Embalajes se establecerán medidas que permitan la participación de la Federación, los estados y los municipios, así como de los consumidoras y usuarios, en el seguimiento de su ejecución y del cumplimiento de sus objetivos, en los mismos términos que a los señalados en el artículo 7 de esta Ley.

Sección Quinta

De la Producción y Comercialización de Envases No Reciclables

Artículo 50.- Cuando las administraciones municipales y estatales hayan decidido no optar por ninguna de las otras dos opciones de gestión de residuos de envases y embalajes a que se refieren las secciones segunda y tercera de este capítulo, podrán operar un sistema alternativo de producción y comercialización de envases no reciclables.

Dicho sistema de gestión de envases, deberá ser aprobado Por la Semarnap, respecto a la cantidad de desechos sólidos que serán liberados en las poblaciones, sean municipales o estatales, donde vayan a ser puestos en el mercado.

Artículo 51.- Por la primera puesta en el mercado de productos que utilicen envases de los comprendidos en este capítulo, los agentes económicos que participen en el sistema de producción o

comercialización de envases no reciclables deberán cobrar una cantidad por unidad de envase equivalente al 0.5% del valor del producto.

Dicha cantidad deberá ser enterada por el comercializador a la SHCP con el fin de que con la suma de las mismas, sea integrada al Fondo de Compensación por Daños al Medio Ambiente por Liberación de Residuos Sólidos.

Sección Sexta

Del Fondo de Compensación por Daños al Medio Ambiente por Liberación de Residuos Sólidos

Artículo 52.- El Fondo estará integrado por las cantidades derivadas del cobro de las cantidades señaladas en el artículo 51 de esta Ley con motivo de la compensación por el daño ambiental ocasionado por los agentes económicos que producen o fabrican envases y embalajes no reciclables

Artículo 53.- Dicho Fondo será administrado por la Semarnap, la cual deberá presentar un informe público anual al Ejecutivo Federal y a las demás secretarías señaladas en esta Ley, respecto del destino de los recursos del fondo.

El informe, deberá formar parte de los archivos que conserve el Sistema Nacional de Información señalado en el capítulo V de esta Ley.

Artículo 54.- Los recursos del Fondo de Compensación por Daños al Medio Ambiente por Liberación de Residuos Sólidos, se aplicarán preferentemente a los siguientes objetivos:

- a) La reparación del daño ambiental ocasionado por la producción de envases y embalajes no reciclables.
- b) Prevenir el daño ambiental ocasionado por la producción de envases y embalajes no reciclables y de sus residuos, mediante la instalación de contenedores en que sean depositados
- c) Fomentar el aprovechamiento de los residuos de envases y embalajes no reciclables mediante la instalación de plantas de generación de energía eléctrica en las que a través de métodos de recuperación de energía, se eliminen dichos residuos, evitando la emisión de partículas contaminantes al medio ambiente; y
- d) Procurar, de no resultar factible lo anterior, la instalación controlada de confinamientos de residuos de envases y embalajes no reciclables.

Sección Séptima

Del Consejo Consultivo para el Mejoramiento Ambiental

Artículo 55.- El Consejo Consultivo para el Mejoramiento Ambiental tendrá por objetivo opinar respecto de los sistemas de gestión de envases y embalajes, así como de sus residuos, que vayan a adoptar los municipios o Estados por sí mismos, o de acuerdo con los acuerdos de colaboración y coordinación que para tal efecto celebren.

Dicho organismo tendrá el carácter de organismo público desconcentrado y dependerá de la Semarnap; estará integrado por 15 consejeros, y cuya organización y estructura estará determinada en el Reglamento respectivo con base en los lineamientos establecidos en la Ley Federal de Entidades Paraestatales.

Artículo 56.- El Consejo Consultivo para el Mejoramiento Ambiental por la producción de envases, tendrá las siguientes atribuciones:

Capítulo V

De la Entrega de Envases y de Envases Usados

Artículo 57.- El poseedor final de los residuos de envases y envases usados de acuerdo con lo establecido en los términos de esta Ley, deberá entregarlos en condiciones adecuadas de separación por materiales a un agente económico para su reutilización, a un recuperador, a un reciclador o a un valorizador autorizados.

Si los anteriores agentes económicos, por razón de los materiales utilizados, no se hicieran cargo de los residuos de envases y envases usados, éstos se podrán entregar a los fabricantes e importadores o adquirientes originales, quienes estarán obligados a hacerse cargo de los mismos a precio de mercado, en los términos que reglamentariamente se establezcan.

Capítulo VI

Sistemas de Información e Instrumentos Económicos

Artículo 58.- Los agentes económicos deberán proporcionar a la Secofi y a la Semarnap los datos relativos a las operaciones que lleven a cabo de la información necesaria para comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos señalados en el artículo segundo transitorio. Esta información estará disponible para cualquier interesado de conformidad a lo establecido en el capítulo II del título quinto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, sobre el derecho de acceso a la información ambiental.

Artículo 59.- Las Secretarías de estado competentes, adoptarán las medidas necesarias para que los agentes económicos, y en especial los consumidores, usuarios de envases y organizaciones no gubernamentales cuyo objeto sea la defensa del medio ambiente, reciban la información necesaria sobre:

- a) Las características y contenido general de los sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes, y de envases y embalajes usados, así como del sistema de depósito, devolución y retorno, regulado en esta Ley;
- b) Los sistemas de manejo de residuos de envases y embalajes, y de envases y embalajes usados que se han autorizado; y
- c) Los resultados obtenidos por su gestión con motivo de la reutilización de los envases y embalajes a su reciclado y valorización.

Artículo 60.- La Federación, los estados y los municipios podrán adoptar, en el ámbito de sus respectivas competencias, medidas de fomento para favorecer la realización de los objetivos fijados en esta Ley; para ello podrán establecer instrumentos u otras medidas económicas, incluidas en su caso las fiscales, cuando algún material de envasado no consiga alcanzar el objetivo mínimo del 15 por 100 de reciclado establecido para cada material de envasado en el párrafo b del artículo segundo transitorio de esta Ley.

Capítulo VII

Sanciones

Artículo 61.- Se impondrá multa de 15,001 a 150,000 días de salario mínimo a quienes:

- I. Pongan en el mercado nacional productos envasados, sin estar acogidos al sistema de depósito, manejo, ni de producción de envases y embalajes no reciclables, así como de envases y embalajes usados, sus residuos y partes.
- II. Den uso indebido de los símbolos acreditativos que identifiquen la participación en alguno de los sistemas de gestión de envases y embalajes así como de envases y embalajes usados, sus residuos y partes, en los términos establecidos en la presente Ley y en sus normas reglamentarias.
- III. Siendo envasadores o comerciantes a los que se refiere el artículo 35 de esta ley, incumplan cualquiera de las obligaciones fijadas en ese mismo precepto, cuando no participen en el sistema de manejo de envases y embalajes, de envases y embalajes usados y sus residuos envases usados o de producción o comercialización de envases y embalajes no reciclables;
- IV. Operando un sistema de manejo, lo lleven a cabo sin cumplir cualquiera de las disposiciones señaladas en el artículo 42 de esta Ley;
- V. Teniendo la obligación de entregar los envases, en los términos del artículo 57 de esta ley, incumplan la obligación de hacerse cargo de los residuos de envases y embalajes y de envases y embalajes usados en los términos expresados en dicho artículo;

VI. Incumplan las condiciones de seguridad mínimas para la producción de envases y embalajes, cuando se perturbe gravemente la protección del medio ambiente, la salud e higiene públicas o la seguridad de los consumidores, sean éstos humanos o animales;

VII. Transmitan sin la autorización respectiva a terceros, las autorizaciones otorgadas por las autoridades competentes respecto de la operación de alguno de los sistemas de gestión de residuos de envases y embalajes y de envases y embalajes usados así como de sus partes y componentes; y

VIII. Incumplan la obligación de suministrar la información a que se refiere el artículo 58 de esta ley o proporcione falsa información.

Artículo 62.- Se impondrá multa de 1501 a 15,000 días de salario mínimo a quienes por actos u omisiones realicen las siguientes conductas:

I. Pongan en el mercado nacional de envases y embalajes que incumplan lo dispuesto en el artículo 26 de esta ley;

II. Pongan en el mercado nacional de envases y embalajes en contravención de lo señalado en el artículo 28 de esta ley; y

III. Pongan en el mercado nacional de productos envasados sin cumplir el señalamiento que prescribe el artículo 29 de esta ley;

Artículo 63.- Se impondrá multa de hasta mil quinientas veces el salario mínimo diario vigente, a quienes incumplan cualquier otra prescripción prevista en esta Ley, y ésta no esté señalada en los artículos 61 y 62 anteriores.

Artículo 64.- En los casos de reincidencia, los agentes económicos que cometan alguna de las infracciones señaladas en los artículos 61, 62 y 63 de esta ley, se les impondrá una sanción por el doble de lo señalado con anterioridad.

Artículo 65.- Cuando la reincidencia en la realización de un acto u omisión sea respecto de alguna de las conductas señaladas en las fracciones del artículo 62 de esta ley, la autoridad sancionadora competente podrá acordar también, el decomiso de las mercancías que pudieran afectar con su consumo al medio ambiente, la salud y la higiene de seres humanos o animales, en cuyo caso determinará el destino final que se les debe dar. Cuando el decomiso de la mercancía no sea inmediatamente factible, el responsable tendrá la obligación, en primer término, de retirar del mercado los productos que vulneren las disposiciones anteriormente señaladas, y en segundo, de destruir los productos envasados y comprobar ante las autoridades sancionadoras este hecho.

Artículo 66.- El ejercicio de la potestad sancionadora prevista en este capítulo corresponde a los órganos competentes de los municipios, estados, Distrito Federal o la Federación, de conformidad con las facultades que para autorizar han sido señaladas en esta Ley.

Artículo 67.- El órgano que ejerza la potestad sancionadora, podrá acordar la publicación a través de los medios que considere oportunos, de los responsables de las sanciones impuestas por la comisión de infracciones previstas en los artículos 61 y 62, una vez que éstas hayan adquirido firmeza en vía administrativa o, en su caso, Jurisdiccional, y la índole o naturaleza de las infracciones.

Transitorios

Primero.- La presente Ley entrará en vigor al día siguiente al de su publicación en el Diario Oficial.

Segundo.- Antes del 30 de junio del año 2002 deberán cumplirse en el ámbito de todo el territorio nacional, los siguientes objetivos de reducción, reciclado y valorización:

a) Se valorizará el 50 por 100 como mínimo y el 65 por 100 como máximo, en peso, de la totalidad de los residuos de envases generados.

b) En el marco del anterior objetivo, se reciclará el 25 por 100 como mínimo, y el 45 por 100 como máximo, en peso, de la totalidad de los materiales de envasado que formen parte de todos los residuos de envases generados, con un mínimo de un 15 por 100 en peso de cada material de envasado.

Como objetivo intermedio el señalado en el párrafo anterior, antes de que transcurran treinta y seis meses desde la entrada en vigor de esta Ley, se reciclará un mínimo del 15 por 100 en peso de la totalidad de los materiales de envasado que formen parte de todos los residuos de envase generados, con un mínimo de un 10 por 100 en peso por cada tipo de material envasado.

c) Se reducirá, al menos el 10 por 100 en peso de la totalidad de los residuos de envase generados.

Dado en el Palacio Legislativo de San Lázaro, sede de la Cámara de Diputados del Honorable Congreso de la Unión de los Estados Unidos Mexicanos, a 9 de noviembre de 1999.

Dip. Jorge Emilio González Martínez (rúbrica), coordinador; Dip. Verónica Velasco Rodríguez, vicecoordinadora; Dip. Aurora Bazán López, Dip. Gloria Lavara Mejía, Dip. Jorge Alejandro Jiménez Taboada.

ANEXO D

FORMACIÓN DE CENTROS DE ACOPIO

ELEMENTOS NECESARIOS	CENTRO de ACOPIO NEGOCIO o PROYECTO COMUNITARIO	PROYECTO EDUCACIONAL
Volumen mínimo de operación mensual.	80 a 100 Ton	1.5 Ton/Viaje
Distancia máxima al comprador.	100 Km	50 Km
No. de participantes en el proyecto.	500 000 habitantes	1 000 alumnos mínimo
Cantidad mínima a acopiar para que lo recoja el acopiador.	2 000 Kg/Viaje	2 000 Kg/Viaje
Cantidad mínima para vender y entregar en instalaciones al acopiador	500 Kg	500 Kg
Volumen ocupado por ton. botella sin aplastar	40 m ³	40 m ³
2 litros(50 g.)		
600 ml(28 g)	40 m ³	40 m ³
Volumen ocupado por ton. de botella aplastada.	15 m ³	15 m ³
2 litros(50 g.)		
600 ml (28 g.) En una tonelada	25 m ³	25 m ³
Número de botellas de peso promedio de:	20 000	20 000
2 litros (50 g.) Por tonelada.		
600 ml (28 g.) En una tonelada.	35 714	35 714
Equipo adicional.	a) 2 prensa para pacas de 200 kg, si se tiene montacargas. b) montacargas o polipasto. c) 2 molinos de 20 a 25 hp con cámara volumétrica adecuada. d) 3 camionetas de 3.5 toneladas con estructura cerrada y malla ciclónica y con un remolque de igual tipo, ambos cubiertos con lona. e) encargado y 10 agentes.	a) No necesita prensa al ser a granel y puesto en sacos de 1 m ³ el peso aprox. es de 30 a 50 kg. b) Lona o letrero indicando que es lugar de acopio. c) Es preferible que el acopio sea un día al mes. d) Aplastarlo es recomendable porque se ocupa menos espacio en y transporte y almacén.
Inversión estimada	De 550,000.00 a 650,000.00	Tiempo y participación
* SE RECOMIENDA CONSULTAR A "APREPET" UNA VEZ QUE SE HAYAN CONSIDERADO LOS ASPECTOS ANTERIORES.		

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**