



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

---

FACULTAD DE QUIMICA

**Gestión Integral de Ciclo de Vida como Herramienta Estratégica  
para el Desarrollo y Lanzamiento de Nuevos Productos en la  
Industria**

Trabajo Monográfico de Actualización  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO QUÍMICO**  
P R E S E N T A :  
ALBERTO CARRILLO PINEDA

MÉXICO, D.F.

2005



EXAMENES PROFESIONALES  
FACULTAD DE QUIMICA

m344766



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.

**Jurado asignado:**

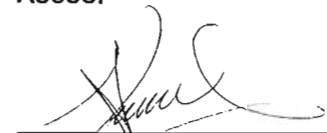
Presidente	Prof. Reynaldo Sandoval González
Vocal	Prof. Ernesto Pérez Santana
Secretario	Prof. Alfonso Durán Moreno
1er. Suplente	Prof. Leticia Ma. de los A. González Arredondo
2º. Suplente	Prof. Ramón Ramírez Martinell

**Sitio donde se desarrolló el tema:**

Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM  
Paseo de la Investigación Científica, Conj. E  
Ciudad Universitaria



Dr. Alfonso Durán Moreno  
**Asesor**

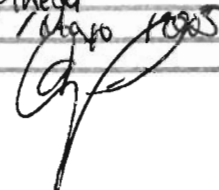


M. en C. Hebert Joffre Mastachi  
**Supervisor Técnico**



Alberto Carrillo Pineda  
**Sustentante**

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Alberto Carrillo Pineda  
FECHA: 31 Mayo 2005  
FIRMA: 

**E** ***KIMBER*** **O**  
ECOLÓGICO  
Papel Bond Blanco Reciclado

Trabajo impreso en papel bond blanco elaborado a base de fibras recicladas

## ***Dedicatorias y Agradecimientos***

*Este trabajo que tienes en tus manos es fruto del esfuerzo, la dedicación, las lágrimas, los sueños, el apoyo, la orientación, el amor, la entrega, la tolerancia, la comprensión – y todo aquello que viene a mi mente y a mi corazón, pero que me siento limitado para poner en palabras – de mis padres y hermanos a quienes agradezco de forma infinita.*

*Hay cientos de nombres entre los cuáles figurarían los de mis abuelos, mis primos, mis tíos, familiares, mis amigos, mis maestros, mis sinodales, compañeros del trabajo, de la escuela, etc. a los cuáles tengo que agradecer, pero más que tener temor de dejar a alguien fuera, tengo temor de escribir algo que después revisaría y corregiría (alguno de los inconvenientes de los procesadores de texto) para no comprometer la formalidad de un documento público, o por la timidez de hablar o escribir en público. Sin embargo, aparte de ofrecer una disculpa a los curiosos por no encontrar escrito algo que no hubiera sido dirigido para ellos, ofrezco la sinceridad de lo que escriba en puño y letra a los que reciban de mi mano este impreso.*

*Finalmente, quiero dedicar este trabajo muy en particular (si es que una dedicatoria de este estilo puede considerarse particular) a todos y cada uno de los mexicanos, pero en especial a aquellos que con el sudor de su frente, el calor en sus hombros, las ampollas en sus pies y manos, etc. forman parte del 'patronato' que permite la existencia de la educación pública, en concreto de la Universidad Nacional Autónoma de México. Les dedico este trabajo, porque sé que de esta forma dejo plasmado el compromiso para con ustedes de retribuir aquello que de forma tácita les correspondo...*

## Tabla de Contenido

<i>Introducción</i>	5
<i>CAPÍTULO I.- Enfoques Modernos en el Desarrollo de Nuevos Productos</i>	8
I. Ingeniería Concurrente	9
<i>CAPÍTULO II.- Ciclo de Vida de Productos: Análisis de Ciclo de Vida y Gestión Integral de Ciclo de Vida</i>	25
I. Análisis de Ciclo de Vida	28
II. Gestión Integral de Ciclo de Vida (Life Cycle Management)	42
<i>CAPÍTULO III.- Casos de Estudio</i>	59
I. 3M Innovation: Incorporación de la Gestión Integral de Ciclo de Vida a través de su Iniciativa “Life Cycle Management” (LCM)	59
II. Tetra Pak – Incorporación del Ciclo de Vida en el Diseño de Empaques	71
<i>CAPÍTULO IV.- Justificación de la Gestión Integral de Ciclo de Vida como Herramienta Estratégica para el Desarrollo y Lanzamiento de Nuevos Productos</i>	78
I. ¿Por qué seguir un pensamiento de ciclo de vida en el desarrollo de productos?	79
II. La Gestión Integral de Ciclo de Vida como Herramienta Estratégica	81
<i>CAPÍTULO V.- Situación del mercado nacional para incorporar consideraciones de ciclo de vida en actividades de diseño de productos</i>	88
I. Mercado de Ventas a Gobierno (Materiales de Oficina)	89
II. Mercado de la Industria Automotriz	94
<i>Conclusiones</i>	99
<i>Bibliografía</i>	103

---

## INTRODUCCIÓN

---

El medio ambiente constituye la base de toda actividad económica. Nos proporciona agua y alimentos (vitales para la subsistencia humana) así como los recursos necesarios para la producción de bienes y servicios. Sin embargo hasta las últimas décadas del siglo pasado, empezó el debate sobre la crisis en la cual se encuentra nuestro planeta debido a la actividad económica desmedida. El problema es claro; al buscar satisfacer las necesidades de nuestra sociedad, empezamos a comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades.

Como consecuencia de dicho debate empezó a cambiar la percepción de la sociedad sobre la responsabilidad de los distintos actores de la actividad económica en el daño que hemos estado causando al planeta. Los gobiernos empezaron a crear políticas y regulaciones que favorecieran la disminución del impacto de la actividad humana en el ambiente. Por su parte organizaciones no gubernamentales, así como grupos de consumo empezaron a presionar a las empresas para que tomaran una posición más activa y responsable sobre el impacto negativo que estaban causando en el ambiente.

Hoy en día, muchas compañías han aceptado la responsabilidad de no dañar más al medio ambiente, los productos y los procesos se han vuelto más limpios y en el proceso de cambio algunas organizaciones han encontrado que detrás del cambio en la forma en que llevaban a cabo sus operaciones, también se encuentra una oportunidad que les ayudará a permanecer en el mercado.

El cambio en las organizaciones se ha dado de forma gradual, al principio las empresas empezaron a encaminar la disminución del impacto de sus operaciones a través de control de emisiones y contaminantes. Sin embargo, hoy las empresas han visto la oportunidad de tener un **impacto positivo** en el ambiente – en lugar de tener cero impacto – lo cual les permitirá comercializar soluciones a un mundo con serios problemas ambientales. Este cambio se ha dado principalmente en las organizaciones que han adoptado al desarrollo sustentable como parte de su estrategia de negocios. El cambio en

la filosofía de las empresas comprometidas con el desarrollo sustentable es simple: pasar de ser parte del problema social y ambiental, a ser parte de la solución.

El cambio en las organizaciones para alcanzar el desarrollo sustentable obteniendo una mejora en las utilidades para la organización, se ha dado por medio de tres estrategias<sup>1</sup>:

1. Prevención de la Contaminación
2. Responsabilidad del Producto
3. Tecnologías más Limpias

La primera estrategia consiste en pasar de controlar la contaminación a prevenirla, es decir en vez de remediar los daños que ya se han causado, mejor enfocarse en no causarlos. Como ejemplo las empresas han encontrado que es más rentable en vez de buscar formas de manejo de residuos, buscar formas de minimización o eliminación de residuos.

Una segunda estrategia en busca del desarrollo sustentable en las organizaciones ha sido el tomar la responsabilidad de los productos a lo largo de su ciclo de vida, esto es, enfocarse no sólo en disminuir la contaminación de los procesos de manufactura, sino en los impactos que un producto ocasiona a lo largo de todo su ciclo de vida (desde la extracción de materias primas hasta el fin de vida del producto).

En la tercera estrategia, las compañías con una visión más amplia del futuro, pueden empezar a explorar las tecnologías del mañana. Como parte de estas tecnologías se encuentran la no dependencia de la molécula del cloro en la industria química o el cambio al uso de bioingeniería en vez de agroquímicos para las actividades de agricultura.

Actualmente, las firmas multinacionales que se encuentran a la cabeza en estrategias de desarrollo sustentable, se encuentran en la transición entre la primera y la segunda estrategia, es decir están cambiando de prevenir la contaminación en las operaciones de

---

<sup>1</sup> Stuart L Hart, (1997) "**Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World**". Harvard Business Review, EUA



manufactura, a enfocarse en el impacto que generan los productos a lo largo de su ciclo de vida.

Mientras el esfuerzo en las empresas que se ubican en la primera estrategia se ha enfocado en generar cero emisiones, las empresas que se ubican en la segunda estrategia han tenido que enfocarse en redefinir sus procesos de diseño y desarrollo de productos y así poder disminuir el consumo de recursos y la generación de residuos.

El objetivo de este trabajo es presentar la Gestión Integral de Ciclo de Vida como una metodología que permita a las compañías adecuar el enfoque de ciclo de vida de productos (de la cuna a la tumba) a su organización con el fin de utilizarla como herramienta estratégica en el desarrollo de nuevos productos.

Este trabajo está basado en una investigación en fuentes de información actualizadas, como lo son: consultorías especializadas, artículos publicados en revistas especializadas en negocios y medio ambiente, información disponible por parte de las empresas y organizaciones líderes en la materia así como algunos libros de reciente publicación.

La discusión en este trabajo está centrada en dos temas principales: las metodologías utilizadas actualmente en el desarrollo de productos y la incorporación del enfoque de ciclo de vida de productos en el contexto de desarrollo de productos. También se presentan dos casos de estudio de empresas que han adoptado el enfoque de ciclo de vida como parte de sus actividades de desarrollo de nuevos productos de manera exitosa y finalmente se concluye haciendo una discusión de la información presentada con el fin de justificar la ventaja de utilizar el ciclo de vida de productos en la situación de las empresas mexicanas, mostrando la situación del mercado nacional y presentando dos ejemplos de mercados en los cuales resulta conveniente la utilización del ciclo de vida.

---

## CAPÍTULO I.- ENFOQUES MODERNOS EN EL DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

---

Para competir en los mercados globales hoy en día, las compañías necesitan mejorar continuamente la calidad de sus productos, así como sus procesos de diseño y manufactura para reducir el costo y tiempo en que los productos salen al mercado.

Esta reducción de tiempo y costo en el lanzamiento de nuevos productos se ve reflejada como una ventaja para las empresas que han adoptado los enfoques modernos de desarrollo de nuevos productos como estrategia corporativa. Las estrategias corporativas deben estar acordes a la visión, misión, metas y valores organizacionales de la empresa tales como el trabajo en equipo, liderazgo, responsabilidad social y ambiental, innovación, enfoque al cliente, etc. por tanto el enfoque en el desarrollo de nuevos productos utilizado como estrategia corporativa también deberá contemplar dichos valores organizacionales.

Los enfoques modernos en el desarrollo de nuevos productos buscan la mejora no únicamente en los nuevos productos, sino en el proceso de desarrollo de los mismos (metodologías). Dentro de dichos enfoques se incorpora una gran cantidad de herramientas y metodologías desarrolladas para obtener lanzamientos más exitosos de productos. Debido a la diversidad de conocimientos requeridos para utilizar dichas herramientas y metodologías de manera exitosa, se ha vuelto imprescindible trabajar en grupos multidisciplinarios lo que ha dado lugar a sistemas de trabajo tales como Diseño Integral de Productos e Ingeniería Concurrente<sup>2</sup>.

Bajo este contexto se revisa en este primer capítulo en qué consiste la Ingeniería Concurrente, cuáles son las herramientas en las que se apoya y cómo se incorporan los conceptos de responsabilidad social y ambiental para el diseño de nuevos productos.

---

<sup>2</sup> Fiksel Joseph, (1997) "**Design for Environment. Creating Eco-Efficient Products and Processes**", McGraw-Hill, EUA

# I. Ingeniería Concurrente

## 1. Definición de Ingeniería Concurrente

La Ingeniería Concurrente es una estrategia de negocios que sustituye al desarrollo tradicional de productos con un desarrollo en el cual las tareas son realizadas en paralelo y hay una consideración temprana de cada aspecto del desarrollo del producto<sup>(1)</sup>. El objetivo de la Ingeniería Concurrente es tener en mente desde el inicio del desarrollo del producto todos los elementos involucrados en el ciclo de vida del producto (Desde el diseño del producto hasta su disposición – incluyendo manufactura, calidad, costos y requerimientos del usuario final).

En consecuencia, al momento de diseñar el producto, la ingeniería concurrente busca entender un estudio sistemático y simultáneo de las necesidades del mercado que va a cubrir, por ejemplo, exigencias en calidad y costo, métodos y recursos de manufactura, ventas y servicio post-venta, regulaciones, etc. para garantizar la entera satisfacción del consumidor a lo largo de todo el ciclo de vida del producto.

El sistema requiere dedicación simultánea y coordinada por parte de los distintos departamentos de la compañía tales como: Marketing, Ingeniería de Producto, Ingeniería de Procesos, Producción, Calidad, Seguridad e Higiene, Ing. Ambiental, Ventas, Finanzas, Asuntos Regulatorios, etc.

Esta metodología de trabajo recibe otros nombres como: Ingeniería Simultánea; Equipos de Diseño; Desarrollo Integral del Producto; Ingeniería Total; Sistemas de Trabajo Integrados, Ingeniería del Ciclo de Vida, etc.

## **2. Herramientas que integran la Ingeniería Concurrente**

Las herramientas utilizadas en la Ingeniería Concurrente pueden agruparse de acuerdo al fin que buscan de la siguiente forma<sup>3</sup>:

1. Herramientas de productividad
2. Herramientas de responsabilidad

### **2.1 Herramientas de Productividad**

Son aquellas herramientas utilizadas para garantizar el cumplimiento de dos principios básicos:

- a) En el diseño de un producto, es esencial tener en mente el mercado al cual va dirigido el producto.
- b) Durante el diseño de un producto deben ser tomados en cuenta los procesos de manufactura involucrados en la producción de dicho producto.

Bajo estos principios, las áreas involucradas en la implementación de las herramientas de productividad son:

- a) El departamento de marketing y los usuarios para asegurar que el producto cumpla con las necesidades de los clientes, o incluso las supere.
- b) El departamento de producción (Incluyendo proveedores) para asegurar que el producto es adecuado para ser manufacturado.
- c) El departamento de calidad para garantizar que los productos y procesos se encuentren dentro de los parámetros de calidad establecidos.

---

<sup>3</sup> “Concurrent Engineering”, Agosto 2004, de <http://www.iaj.csic.es/netcim/concur.htm>

Entre las herramientas de diseño incluidas bajo esta clasificación se encuentran:

- Diseño para la funcionalidad (Design for Function / DFF)
- Diseño para la manufactura y el ensamble (Design for Manufacturability & Assembly / DFMA)
- Diseño para la Calidad (Design for Quality / DFQ)
- Diseño para el Mantenimiento (Design for Maintainability / DFMT)
- Diseño para la Confiabilidad (Design for Reliability / DFR)
- Diseño para el Costo (Design for Cost / DFC)

### 2.1.1 *Diseño para la Funcionalidad (Design for Function / DFF)*

El DFF considera el análisis de la función del producto, lo que significa analizar las características funcionales más que las características físicas de un sistema. De acuerdo a Akiyama (1991):

*“Los bienes y servicios tienen varias acciones. El objetivo de un análisis funcional es identificar cada una de esas acciones y en consecuencia identificar los productos y servicios a los cuales pertenecen dichas acciones. Todos los productos y servicios son creados con ciertos propósitos. El análisis funcional busca los propósitos o intenciones que hay detrás de la creación de cierto producto o servicio y por tanto identifica su naturaleza. A pesar de que los productos y servicios existen como sistemas u objetos físicos, no son creados de la nada. Son precedidos de una idea o concepto, base de su creación. El análisis funcional identifica la naturaleza de los productos y servicios al revelar estos conceptos.”*

Habiendo identificado la naturaleza de un objeto, es posible conceptuar varias realizaciones físicas que sirvan al propósito identificado y seleccionar el concepto que proporcione mayor valor. La abstracción funcional del diseño le permite al diseñador tener mayor flexibilidad para encontrar distintas opciones durante las etapas preliminares del diseño sin tener que entrar en los detalles de las etapas posteriores del mismo.

En el desarrollo de un producto, este tipo de análisis es útil para identificar la funcionalidad necesaria en cualquier sistema para competir en el campo de dicho producto y las características que lo hacen distinto a los productos de los competidores.

En muchas industrias, las compañías desarrollan un producto funcional básico y posteriormente empiezan a agregar características que resultan en variantes del producto original y que permiten dirigirse a otros usos y mercados (familias de productos).

### *2.1.2 Diseño para la Manufactura y el Ensamble (Design for Manufacturability & Assembly / DFMA)*

En el pasado, varias compañías tuvieron intentos de diseño de productos que fracasaron al no poder ser manufacturados o que requirieron un esfuerzo considerable y técnicos altamente calificados para poder ser ajustados del taller o planta piloto a la línea de producción. Los nuevos enfoques de diseño deben considerar desde la concepción del diseño las capacidades de la planta propia, así como las capacidades de las plantas de los proveedores para asegurar una producción efectiva.

Los productos son diseñados para cumplir una función en particular que se traduce en especificaciones y desempeño de dicho producto. Dadas estas especificaciones, el producto puede ser diseñado de varias maneras distintas. Durante el diseño debe buscarse la mejor solución que cumpla con las especificaciones del producto y se adapte a los sistemas de producción disponibles.

Generalmente el trabajo de un diseñador debe estar enmarcado en un sistema de producción que puede ser modificado de forma única, aunque en ocasiones el sistema de producción puede ser diseñado o rediseñado de forma conjunta con el diseño del producto.

Algunos estudios muestran que las decisiones tomadas en las etapas de diseño tendrán un 70% de impacto en costo en la producción, mientras que las tomadas en la etapa de producción, únicamente afectarán un 20% de este costo. De aquí la importancia de la

participación de la gente de ingeniería y producción desde las etapas tempranas del diseño.

Entre los lineamientos recomendados por Keneth Crow, DRM Consultants, para un diseño efectivo en términos de DFMA se encuentran:

- Simplificación: Disminuir el número de partes para minimizar la posibilidad de partes defectuosas o errores de ensamblaje, aumentar la posibilidad de automatizar el proceso y disminuir el costo de fabricación y ensamblaje.
- Considerar un diseño a prueba de errores. Esto implica hacer un diseño cuyo ensamblaje no sea ambiguo. Los componentes deben ser diseñados de manera que sólo haya una forma correcta de ensamblarlos.
- El diseño debe permitir que el sistema de producción sea verificable mediante sistemas de inspección.
- Las tolerancias de diseño no deben estar demasiado ajustadas a las tolerancias naturales del sistema de producción.
- El diseño debe ser robusto para minimizar la incertidumbre en la producción, inspección y uso del producto.
- El diseño debe considerar patrones simples de movimiento del sistema de ensamblaje.
- El diseño debe considerar el uso de componentes modulares para facilitar el ensamblaje.

### *2.1.3 Diseño para la Calidad (Design for Quality / DFQ)*

La calidad es una fuente de ventajas competitivas a la que los clientes otorgan cada vez más valor, por tanto la calidad se ha convertido en una restricción para competir, dado que los productos defectuosos son expulsados del mercado. De acuerdo a Buzell, los productos de calidad alta presentan una tasa de retorno de la inversión más elevada que los productos de baja calidad, así como también una mayor participación de mercado.

Desde el enfoque basado en el producto, la calidad es considerada como un conjunto de características medibles y precisas que se requieren para satisfacer al cliente. Las diferencias en calidad de los productos se derivan de la posesión de una mayor o menor cantidad de algún ingrediente o atributo deseado.

El DFQ consiste en actuar sobre las características del producto que satisfacen las necesidades o expectativas de los clientes. Estas características se incorporan en la fase de diseño del producto, se convierten en argumentos de ventas, aumentan la satisfacción de los clientes y ayudan a explicar las razones por las cuales los clientes compran el producto. Cuantas más y mejores características incluya el producto, mayor será su valor para los clientes y más elevado su precio. La calidad de diseño se mide mediante variables, por tanto es importante descubrir cómo las evalúan los clientes: determinar las características del producto que los clientes consideran claves para satisfacer sus necesidades.

La herramienta más frecuentemente utilizada durante el DFQ recibe el nombre de Despliegue de la Función Calidad (QFD – Quality Function Deployment) que consiste en capturar las necesidades y requisitos del cliente y traducirlas en características técnicas de diseño. El objetivo de esta herramienta es incorporar en el diseño la voz del cliente para diseñar un producto que satisfaga por completo sus necesidades.

Este proceso se lleva a cabo empleando un diagrama de dos dimensiones: los requisitos de calidad necesarios para satisfacer al cliente en el eje horizontal y las características de ingeniería en el eje vertical. Es una especie de mapa conceptual que facilita la comunicación y la planificación interfuncional. Al gráfico del despliegue de la función de calidad se le conoce como “Casa de calidad” (House of Quality). La figura 1 muestra un ejemplo de dicho gráfico:



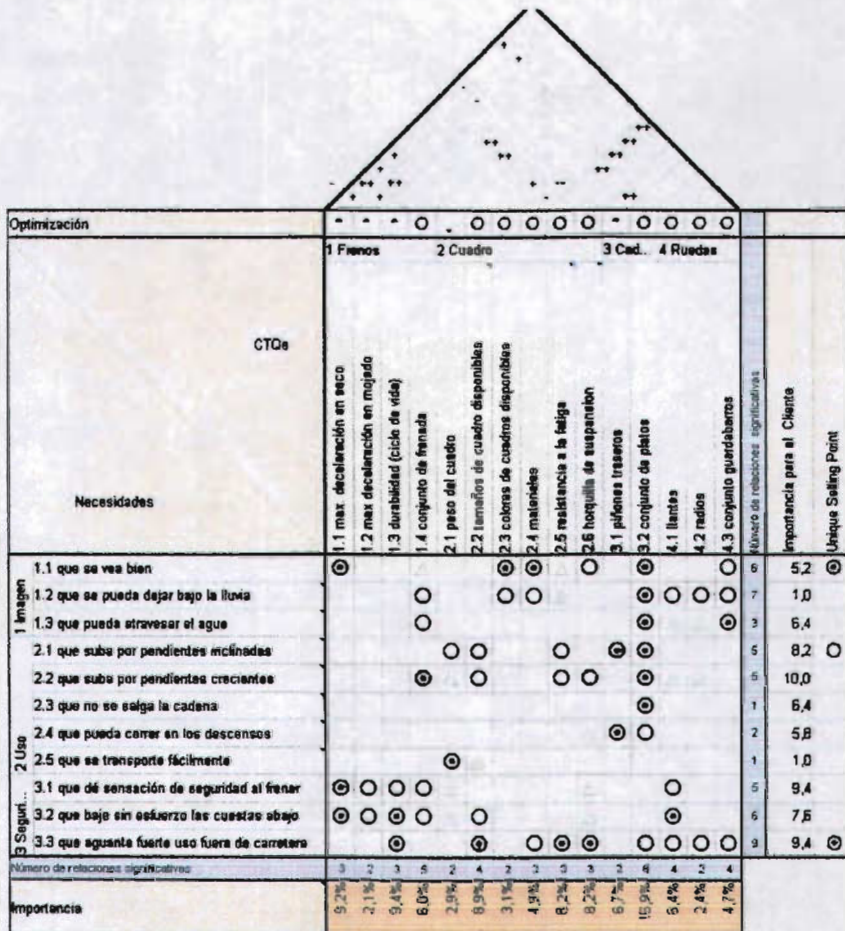


Figura 1. Ejemplo de la herramienta "Casa de calidad" (House of quality)

### 2.1.4 Diseño para el Mantenimiento (Design for Maintainability / DFMT)

Normalmente no se consideran los aspectos relacionados con el mantenimiento y servicio a un sistema durante su diseño, sin embargo éste es otro criterio bajo el cual puede ser optimizado el diseño de un producto y por tanto la gente involucrada con estas actividades en una empresa también deben ser contempladas como parte del equipo interfuncional que realiza el diseño.

Entre las consideraciones de mantenimiento y servicio que deben hacerse durante el diseño de un producto se encuentran:

- Identificar las partes o submódulos que estén más sujetas a uso o tengan mayor probabilidad de ser reemplazadas y diseñarlas de forma que puedan ser fácilmente alcanzadas, removidas y reemplazadas.
- Estas partes deben ser diseñadas de modo que requieran procedimientos simples de reemplazo.
- Los procedimientos de reemplazo de estas partes deben contemplar el uso de herramientas comunes.
- De ser posible, deben incorporarse en el diseño indicadores de uso o de reemplazo.
- Debe minimizarse el número de partes que vayan a requerir posterior servicio o mantenimiento.

### *2.1.5 Diseño para la Confiabilidad (Design for Reliability / DFR)*

DFR significa incorporar los conceptos de confiabilidad desde el diseño de un sistema, en vez de incorporarlos una vez que el diseño del sistema ha concluido. Por tanto, la confiabilidad debe ser otro parámetro que debe ser involucrado como parámetro de diseño del ciclo de vida de un producto. Sin embargo, el que se considere la confiabilidad desde las etapas tempranas del ciclo de vida de un producto, no implica que no será un factor importante durante las demás etapas del ciclo, de hecho debe ser evaluado y monitoreado en etapas posteriores.

La principal razón de incorporar la confiabilidad desde etapas tempranas, al igual que la incorporación de los otros parámetros es que en esta etapa corregir los costos implicados en una mala confiabilidad resulta mucho más efectivo desde el punto de vista económico. Las fallas y defectos pueden ser corregidos o incluso evitados desde la etapa de diseño, antes de que sea demasiado tarde. También existen otras ventajas de la incorporación del análisis de confiabilidad en etapas prontas del diseño, entre las que se encuentran:

- Los problemas se encuentran de forma rápida.
- La variabilidad del producto es disminuida al aumentar los márgenes del producto (Diseño Robusto).

- Se eliminan las debilidades del diseño y el producto "madura" más rápido.
- Se puede evaluar la confiabilidad de nuevas tecnologías.
- Se puede evaluar la confiabilidad de los proveedores antes de hacer un trato con ellos.

Existen una gran cantidad de herramientas cuantitativas y cualitativas para este tipo de análisis, pero las más utilizadas son el Análisis de Árbol de Fallas (FTA) y el Análisis de Modos de Fallas y Efectos (FMEA). Durante el diseño se recomienda seguir los siguientes lineamientos específicos para garantizar la confiabilidad en etapas posteriores:

- Diseñar basándose en las condiciones ambientales donde se va a operar.
- Diseñar minimizando cargas (térmicas o mecánicas) o balanceándolas.
- Incorporar diseños redundantes.
- Los componentes del sistema a diseñar también deben ser confiables (Y por tanto los proveedores de los mismos).
- Reducir interconexiones entre partes (Y sus posibilidades de falla)
- Mejorar las capacidades del proceso

### *2.1.6 Diseño para el Costo (Design for Cost / DFC)*

Como ya se mencionó anteriormente, las decisiones tomadas durante el diseño son las que más impacto tendrán durante el ciclo de vida de un producto. En los enfoques tradicionales de diseño el costo no era considerado como un criterio de diseño, sino como una resultante del mismo.

De acuerdo al grupo consultor DRM Associates, los principales métodos para incorporar el costo como un criterio de diseño son la técnica ABC (Activity Based Costs) y la técnica TC (Targeted Costing).

La técnica ABC identifica las actividades relevantes para el producto o servicio en cuestión y las cuantifica (En costo y número de veces en que la actividad es realizada). En la etapa de diseño es posible identificar las actividades problemáticas que incurren en costos sustanciales y pueden enfocarse esfuerzos en disminuir dichos costos o disminuir

o sustituir dichas actividades. Esto traerá mejoras en costos en las etapas posteriores, principalmente en los costos de manufactura.

En la técnica TC lo que se busca es determinar cuánto están dispuestos a pagar los clientes por un determinado producto, y luego hacer el diseño de ese producto de tal forma que el costo del producto más la utilidad esperada esté dentro de los límites de precio que pagaría el consumidor para que el producto sea competitivo.

## ***2.2 Herramientas de Responsabilidad***

No hay duda sobre la creciente preocupación por los asuntos sociales y ambientales entre los distintos sectores: Gobierno, Industria y Sociedad. Esta preocupación se ve reflejada en las nuevas tendencias regulatorias para la obtención de bienes y servicios, por lo que la consideración de estas tendencias en los nuevos esquemas de diseño de bienes y servicios no puede ser menos importante que las herramientas que se discutieron anteriormente.

Las herramientas de responsabilidad son aquellas que buscan una mejora en aspectos ambientales, regulatorios, de seguridad y salud tanto para los trabajadores como para el usuario.

Las áreas de la empresa que tienen una participación activa en la implementación de estas herramientas de diseño son:

- a) Marketing, Servicio Técnico y usuario final para entender la forma en que el producto será usado
- b) Ingeniería, Seguridad, Higiene y Medio Ambiente para garantizar que los procesos de producción sean limpios y seguros, cuidando la salud e higiene de los trabajadores involucrados en la manufactura del producto, además de economizar el consumo de materiales y energía en los procesos de producción.
- c) Toxicología para garantizar que las materias primas seleccionadas sean seguras para el usuario final y que tengan un impacto mínimo en el medio ambiente. Esta área estudiará cuáles son las rutas biológicas y ambientales que el químico puede

seguir para determinar dicho impacto (Nota: No todas las empresas cuentan con un departamento de Toxicología, por lo que esta responsabilidad muchas veces recae en el departamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente).

Hay varias técnicas que las empresas han adoptado para la incorporación de asuntos ambientales, de salud y seguridad en el diseño y desarrollo de productos, pero todas comparten los mismos principios y pueden ser englobadas bajo la denominación de "Eco-Diseño" o Design for Environment (DFE), que a continuación se desarrolla

### *2.2.1 Design for Environment (DFE) o "Eco-Diseño"*

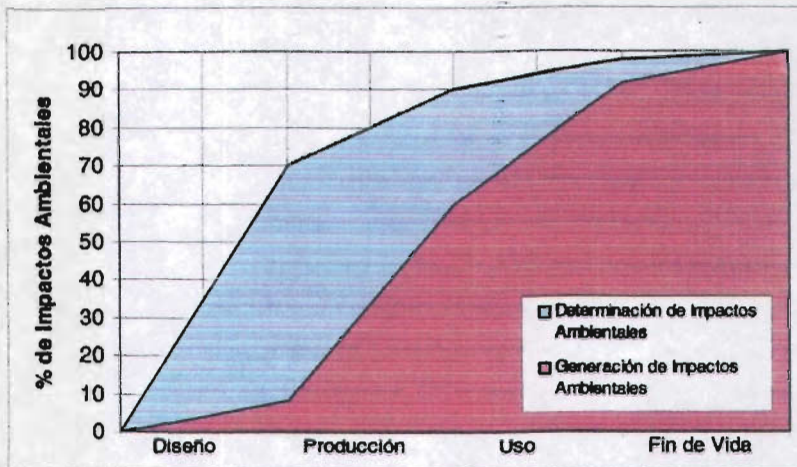
El DFE fue concebido con la finalidad de incorporar en el diseño de manera sistemática las consideraciones ambientales durante todo el ciclo de vida de un producto, sin embargo, hoy en día, el alcance de la herramienta también contempla consideraciones relacionadas con la seguridad y salud tanto de los trabajadores involucrados en la obtención de los bienes, como de los usuarios de los mismos.

La implementación del Eco-Diseño le permite a las empresas mejorar el desempeño ambiental de sus productos, a la vez que se hacen compañías más rentables. Entre los beneficios ambientales del Eco-Diseño se encuentran (The Manage Mentor):

- Reducir los impactos ambientales generados por los productos y procesos.
- Optimizar el uso de energía y consumo de materias primas.
- Mejorar los Sistemas de Prevención de la Contaminación y Manejo de Residuos.
- Fuente de Innovación para mejores diseños.
- Reducir/Eliminar costos por manejo de emisiones y cumplimiento de normas de control ambiental, seguridad e higiene.
- Incrementar la comerciabilidad de los productos y mejorar la imagen de la compañía.

Al igual que en los otros criterios de diseño que se han presentado, en el Eco-Diseño, la mayor parte de los impactos ambientales (salud y seguridad) que un producto tendrá a lo largo de todo su ciclo de vida, quedan determinados durante la fase de diseño, aún

cuando sea ésta la etapa la que menos contribuye a dichos impactos. Esto se puede apreciar en la siguiente figura:



**Figura 2. Determinación y generación de Impactos de un producto a lo largo de su ciclo de vida**

Los motivadores para implementar el Eco-Diseño pueden venir de: Factores Internos y Factores Externos a la Compañía. Entre los factores internos se encuentran:

- Necesidad de incrementar la calidad de un producto: Un alto nivel de calidad ambiental de un producto, ayuda a mejorar la calidad en términos de funcionalidad, confiabilidad en la operación, durabilidad y reparabilidad.
- Necesidad de reducir costos: Las compañías pueden utilizar el Eco-Diseño para obtener beneficios económicos al: Reducir el consumo de materias primas; Utilización de energía y servicios de manera más eficiente; Generar menos residuos y disminuir los costos de disposición; Disminuir los costos asociados con accidentes durante la producción de un bien y disminuir los costos de problemas presentados durante el uso de un producto
- Motivación de los empleados: La moral de los empleados se ve mejorada cuando son impulsados a mejorar el impacto de los productos y procesos en el medio ambiente, así como cuando trabajan en mejores condiciones de seguridad y salud ocupacional.

- Obtención de certificados ambientales y de seguridad: Las empresas que desean competir en los mercados mundiales requieren demostrar un alto compromiso con la seguridad de los trabajadores y el ambiente.

Los principales motivadores para implementar el Eco-Diseño en una compañía que provienen de su exterior son:

- Regulaciones sobre el uso y emisión de sustancias peligrosas: Conforme la ciencia avanza, nuevos productos químicos entran al mercado y otros quedan obsoletos debido a su toxicidad al ambiente y al ser humano. Estos químicos están en la mira de los organismos gubernamentales y serán sujetos a mayores restricciones para su uso y distribución, por lo que el eco-diseño permite eliminar barreras regulatorias para el producto terminado.
- Mecanismos de gestión ambiental integral: En los países más avanzados en materia de legislación ambiental (como países del norte de Europa, Estados Unidos y Japón) la legislación ya contempla conceptos como "Responsabilidad Extendida del Productor", programas de eco-etiquetado, necesidad de proporcionar información ambiental sobre productos y procesos, término de subsidios a métodos de producción intensivos en consumo de energía y materias primas.
- Exigencias del mercado: Los requerimientos ambientales y de seguridad de los proveedores y sobre todo de los usuarios finales son fuentes potenciales de mejora en cuestión ambiental. A diferencia de los dos puntos anteriores, estas exigencias ambientales no limitan la comercialización del producto, sin embargo, los consumidores las convierten en un factor imprescindible para adquirirlo. Como ejemplo pueden citarse: Cumplimiento con el acuerdo de "Sustancias Peligrosas Restringidas" de los productores mundiales de productos eléctricos y electrónicos; Boicots ambientales u otras acciones por parte de organizaciones de consumo o grupos ambientales; Calificaciones ambientales a productos; Incremento en la implementación de programas de responsabilidad social en varias industrias.(Estos mecanismos se conocen como Sistemas Voluntarios de Gestión Ambiental).



- Nuevos productos de la competencia: En los mercados en los que la competencia es muy intensa, los atributos ambientales de un producto pueden hacer la diferenciación del producto y el factor clave para cerrar una venta.
- Mejora en la imagen de la compañía: Al comunicar al usuario la calidad ambiental a través de una eco-etiqueta o un buen reporte en los ensayos aplicados al producto, se puede mejorar la imagen de la compañía en forma apreciable.
- Costos por el control de emisiones (residuos, aguas residuales, emisiones a la atmósfera): Los costos en que incurren las compañías por el control y tratamiento de emisiones – tales como incineración o rellenos sanitarios – tienden a aumentar con base en el principio de “El que contamina, paga”. Por esta razón, la prevención de residuos y emisiones, el re-uso y reciclaje se están volviendo fuentes para disminuir costos.

Además, la utilización del Eco-Diseño refuerza y trabaja bajo el contexto de otras iniciativas como<sup>4</sup>:

- Desarrollo Sustentable: Desarrollo que permite satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la habilidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.
- Ecología Industrial (Eco-eficiencia): Prácticas encaminadas a alcanzar una producción y consumo más sustentables a nivel local, regional e internacional por medio de examinar los costos ambientales de la producción industrial y patrones de consumo y dirigir los efectos de los químicos tóxicos persistentes en los sistemas ecológicos.
- Prevención de la Contaminación: Serie de medidas para disminuir la contaminación de productos y procesos con un enfoque predominantemente en la manufactura.
- Sistemas de Administración Ambiental: Los sistemas de Administración Ambiental tales como ISO 14001 son enfoques organizacionales para facilitar el manejo y la evaluación ambiental. Los Sistemas de Administración Ambiental no establecen niveles de desempeño en relación al diseño del producto o proceso. El requerimiento fundamental de los Sistemas de Administración Ambiental es que

---

<sup>4</sup> **Environmental Protection Agency**, Septiembre 2004, de [www.epa.gov](http://www.epa.gov)



una organización mantenga información confiable sobre su desempeño ambiental, incluyendo los impactos ocasionados tanto por sus productos y procesos, con el fin de buscar la mejora continua.

- Seguridad y Salud Ocupacional: El Eco-Diseño soporta a los programas de protección a la seguridad de los trabajadores en términos de la selección y uso de los materiales al reducir: La necesidad de control de emisiones dentro de la planta; la exposición de los trabajadores a peligros físicos y químicos y la necesidad de equipo de protección personal.
- Responsabilidad Integral (Responsible Care): El objetivo de Responsabilidad Integral es incorporar, en la administración de los negocios de las empresas, el manejo de los aspectos ambientales, de salud y seguridad, originados por sus operaciones, a través de la implantación de un sistema de administración. "Responsible Care" surge como una iniciativa voluntaria de la Industria Química canadiense en 1985. México adopta este programa en 1991 a través de la ANIQ, A.C., convirtiéndose en el primer país en América Latina y décimo en el mundo en adoptarlo<sup>5</sup>.

Existe una gran cantidad de prácticas y técnicas que han surgido como parte del Eco-Diseño, mismas que pueden ser clasificadas en dos categorías generales:

- Técnicas que permiten evaluar los impactos de un producto durante su ciclo de vida, como el Análisis de Ciclo de Vida.
- Técnicas que ayudan a los diseñadores a mejorar el desempeño ambiental (de Seguridad y Salud) de sus productos como la Gestión Integral de Ciclo de Vida.

Entre las principales consideraciones del Eco-Diseño se encuentran: Reciclaje, Desensamblaje, Eficiencia Energética, Remanufactura, Disponibilidad y Minimización de Materiales Peligrosos.

De acuerdo a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (EPA), las distintas organizaciones han implementado el Eco-Diseño a través de varios enfoques, entre los que se encuentran:

---

<sup>5</sup> **Asociación Nacional de la Industria Química**, Septiembre 2004, de [www.aniq.org.mx](http://www.aniq.org.mx)

- Evaluación de Sustitutos de Tecnología más Limpias: Ésta es una herramienta que le proporciona a la industria un enfoque sistemático para evaluar los riesgos a la salud y el ambiente, así como el desempeño, costos y uso de recursos naturales de tecnologías tradicionales y alternativas proporcionando información detallada a las empresas para la toma de decisiones.
- Sistemas Integrales de Manejo Ambiental: Un sistema de manejo ambiental es una serie de principios y herramientas de administración que les permite a las empresas manejar de forma sistemática los asuntos relacionados con la salud, seguridad y medio ambiente. Es un esquema de trabajo de planeación, implementación, revisión y mejora continua de las operaciones de una empresa para integrar estos asuntos en las prácticas del día a día de los negocios.
- Análisis de Ciclo de Vida (ACV): El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es utilizado como una herramienta para evaluar los impactos (en la salud humana, calidad atmosférica, calidad del agua, salud ambiental, consumo de recursos naturales, etc.) de los productos durante todo su ciclo de vida, desde la adquisición (o extracción) de materiales hasta su manufactura uso y disposición.

En resumen, el diseño exitoso de productos requiere de técnicas cada vez más complejas y a grupos multidisciplinarios cada vez más interrelacionados debido a la necesidad de incorporar un mayor número de consideraciones para que el producto sea más competitivo ayudando con esto a la permanencia de la compañía en el mercado. Es importante mencionar que el uso de las herramientas presentadas anteriormente debe hacerse en conjunto, es decir, de nada sirve optimizar el diseño de un producto en términos de calidad, si no se optimiza también en términos de costo, o en términos ambientales. En otras palabras, en la medida en la que se utilice un mayor número de herramientas, se estarán contemplando un mayor número de aspectos que permitirán tener un desarrollo y lanzamiento más exitosos del producto.

Para dar pie al tema central de este trabajo, en el siguiente capítulo se desarrollará con mayor profundidad el concepto de ciclo de vida de un producto y su incorporación de forma tanto cualitativa como cuantitativa en el desarrollo de nuevos productos como parte del "Eco-Diseño" de los mismos.

---

## CAPÍTULO II.-CICLO DE VIDA DE PRODUCTOS: ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y GESTIÓN INTEGRAL DE CICLO DE VIDA

---

El ciclo de vida de un producto es un concepto que puede entenderse desde dos enfoques distintos: el enfoque económico y el enfoque físico<sup>6</sup>. A continuación se presentarán ambos conceptos con el fin de poner en relieve las ventajas y desventajas de la incorporación de éste último en el desarrollo de nuevos productos desde un enfoque cualitativo y cuantitativo.

### ***A) Ciclo de vida económico de productos***

Los productos y/o servicios tienen un ciclo de duración (desde el punto de vista económico) que comienza con su creación (nacimiento) y termina con el retiro del mercado (muerte). Las etapas típicamente consideradas en el ciclo de vida económico de un bien son las siguientes:

- **Introducción:** el producto se lanza al mercado y recibe una determinada acogida inicial.
- **Desarrollo:** el producto empieza a ser conocido y aceptado y crecen las ventas.
- **Madurez:** el producto está asentado en el mercado y las ventas empiezan a estancarse.
- **Declive:** el producto deja de ser interesante para el mercado y las ventas empiezan a disminuir.

Por tanto, el ciclo de vida económico es el proceso mediante el cual los productos o servicios que se lanzan al mercado atraviesan una serie de etapas que van desde su concepción hasta su desaparición o sustitución por otros más actualizados y más adecuados desde la perspectiva del mercado.

---

<sup>6</sup> Fiksel, 1997

El concepto de ciclo de vida económico de un producto ha sido ampliamente estudiado y discutido en el ámbito empresarial debido a la utilidad que éste tiene para las compañías en la toma de decisiones sobre estrategias de mercado, de lanzamiento y desarrollo de productos y de evaluación de distintos horizontes tecnológicos.

### ***B) Ciclo de vida físico de productos***

Por otra parte, el ciclo de vida físico de un producto se refiere a la secuencia de transformaciones de los materiales y energía que incluye las siguientes etapas:

- Extracción y procesamiento de los materiales
- Fabricación y ensamblaje del producto
- Distribución
- Utilización
- Recuperación, reciclaje y disposición de los materiales del producto.

La competencia en aumento, los gastos crecientes en manejo de residuos y control de emisiones, la presión normativa creciente, la preocupación con respecto a posibles responsabilidades y la creciente demanda de calidad ambiental por parte de los consumidores ha obligado a las empresas a tomar en cuenta en sus decisiones el ciclo de vida físico de los productos (Bajo el cual toman sentido conceptos como ingeniería concurrente) permitiéndoles encontrar oportunidades para reducir los impactos ambientales, de salud y seguridad adversos relacionados con sus operaciones y pasar así hacia una actitud proactiva en el manejo de éstos impactos con el objeto de obtener beneficios concretos para los clientes de la firma, sus empleados, accionistas y otros interesados.

Habiendo hecho la diferenciación entre el ciclo de vida económico y el ciclo de vida físico de productos, es importante tener en mente que el enfoque de estudio de esta tesis gira alrededor del **ciclo de vida físico** de los productos.

El estudio y aplicación de las herramientas del ciclo de vida físico de los productos son prácticas relativamente nuevas, que encuentran sus inicios en la determinación de requerimientos energéticos en los años sesentas y las prácticas de prevención de la

contaminación que inician en la década de los setentas. La administración ambiental en general es una disciplina joven. Desde el punto de vista político, la EPA (Agencia de Protección Ambiental) en los Estados Unidos cuenta con solamente treinta años de vida, mientras que en México, en 1972 se dio la primera respuesta directa de organización administrativa del gobierno federal para enfrentar los problemas ambientales del desarrollo desde un enfoque eminentemente sanitario, al instituirse la Subsecretaría para el mejoramiento del ambiente en la Secretaría de Salubridad y Asistencia, mientras que la SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) encuentra sus orígenes en 1982 con la creación de la SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología)<sup>7</sup>. Es por esto que no existe a la fecha un consenso sobre la metodología de estudio del ciclo de vida de productos; sin embargo existen diferentes enfoques dependiendo de la decisión que tendrá que ser soportada por el estudio de ciclo de vida correspondiente.

La incorporación del concepto de ciclo de vida en el desarrollo de productos ha tomado principalmente dos vertientes: La cuantitativa por medio del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la cualitativa o semi-cuantitativa por medio de la Gestión Integral del Ciclo de Vida (GICV).

A continuación se desarrollarán ambos enfoques: primero se presentará el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que es el enfoque tradicional pero que ha encontrado una serie de dificultades al tratar de ser utilizado fuera del ámbito académico y posteriormente se presentará la Gestión Integral de Ciclo de Vida (GICV), enfoque que está dirigido a ser utilizado en el contexto empresarial y que presenta ventajas claras que a continuación se presentan.

Antes de presentar la discusión sobre los enfoques de ciclo de vida es importante no perder de vista que ambos enfoques son solamente una de las tantas herramientas que deben ser utilizadas como parte del desarrollo de nuevos productos (ingeniería concurrente) para lograr así desarrollos más exitosos.

---

<sup>7</sup> SEMARNAT, Septiembre 2004, de [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

## I. Análisis de Ciclo de Vida

Con el objeto de alcanzar el “desarrollo sustentable”, se han desarrollado métodos y herramientas para ayudar a cuantificar y comparar los impactos ambientales resultantes de proveer bienes y servicios (productos) a la sociedad. Cada producto tiene una “vida”, que empieza con la extracción de recursos, producción, distribución, uso / consumo y finalmente el fin de vida del producto (reuso, reciclaje, disposición, etc.). Todas las actividades o procesos involucrados a lo largo del ciclo de vida del producto ocasionan impactos ambientales debido al consumo de recursos, generación de emisiones y otros intercambios con el ambiente.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es el proceso para evaluar los efectos potenciales que un producto tiene sobre el ambiente a lo largo de su ciclo de vida. El concepto de Análisis de Ciclo de vida incorpora el consumo de recursos y energía, así como las emisiones que salen del sistema.

La Organización Internacional de Normalización ISO (International Standards Organisation) define el Análisis de Ciclo de Vida como<sup>8</sup>:

*“Una técnica para evaluar los aspectos ambientales e impactos potenciales asociados con un producto a través de:*

- 1. Compilar un inventario de entradas y salidas del sistema asociado a un sistema producto ;*
- 2. Evaluar los impactos ambientales potenciales asociados con estas entradas y salidas; e*
- 3. Interpretar los resultados del análisis del inventario y fases de impacto ambiental en relación a los objetivos del estudio.”*

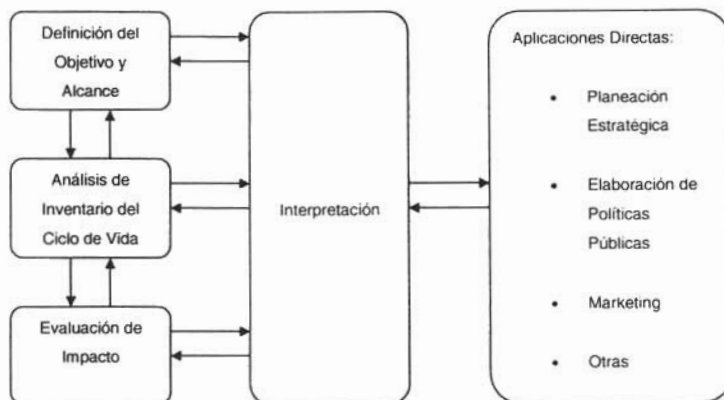
Con base al esquema de análisis propuesto por ISO para conducir un ACV se incluyen cuatro componentes de importancia fundamental durante el análisis:

---

<sup>8</sup> **International Standards Organization**, Septiembre de 2004, de [www.iso.org](http://www.iso.org)

1. Definición del objetivo y alcance
2. Análisis de Inventario del Ciclo de Vida
3. Evaluación de Impacto
4. Interpretación de los resultados del estudio

De acuerdo a la norma ISO 14040, estos cuatro componentes están estrechamente interrelacionados como se ilustra en la siguiente figura:



**Figura 3. Fases y Aplicaciones del ACV (En base a la norma ISO 14040)**

### **1. Definición del objetivo y alcance**

El objetivo y alcance de un ACV deben quedar definidos de forma clara y consistente con la aplicación prevista. En la definición del objetivo y alcance del estudio deben considerarse los siguientes elementos:

#### **1.1 Objetivo del Estudio**

El objetivo de un estudio de ACV debe precisar sin ambigüedad la aplicación prevista, las razones por las cuales se efectúa el estudio y el público a que será dirigido, es decir, a quiénes se prevé comunicar los resultados del estudio.

## **1.2 Alcance del Estudio**

El alcance del estudio está compuesto por función del Sistema y unidades funcionales. Como se mencionó en el capítulo 2, la función de un sistema (producto o servicio) describe la naturaleza de la concepción de dicho sistema, por ejemplo, en el caso de toallas de papel y secadores eléctricos la función de ambos sistemas es secar las manos.

Es de suma importancia identificar la función del sistema en estudio para poder hacer la comparación (en términos de ACV) entre dos sistemas distintos que cumplan la misma función.

La unidad funcional define la forma en que se cuantificarán las funciones de un sistema identificadas. Uno de los propósitos primarios de una unidad funcional es proporcionar una referencia a partir de la cual sean (matemáticamente) normalizados los datos de entrada y salida. Por lo tanto, es necesario que la unidad funcional sea claramente definida, medible y que sea relevante para el objetivo buscado en el ACV. La unidad funcional puede ser tan sencilla como distancia recorrida por un automóvil o tan complicada como la función gubernamental durante una década.

## **1.3 Categorías de Impacto consideradas en el ACV**

Se debe definir claramente cuáles categorías de impacto serán consideradas durante el ACV y cuáles serán excluidas. Entre las muchas categorías de impacto que pueden considerarse se encuentran:

- Cambio Climático
- Eutrofización
- Acidificación
- Toxicidad Humana, Eco-toxicidad
- Agotamiento de recursos naturales (agua, minerales, etc.)
- Daño a la capa de ozono



#### **1.4 Límites del Sistema considerados en el ACV**

Los límites del sistema definen los procesos unitarios que serán incluidos en el sistema a modelar. Idealmente, es conveniente modelar el sistema producto de tal modo que las entradas y salidas en sus límites sean flujos elementales. En muchos casos no existirá tiempo suficiente, datos o recursos para efectuar un estudio tan completo. Deben tomarse decisiones respecto a qué proceso unitario será modelado y el nivel de detalle con que estos procesos unitarios serán estudiados. No es necesario gastar recursos para la cuantificación de las entradas y salidas que no cambiarán significativamente las conclusiones globales del estudio.

También deben tomarse decisiones relativas a las emisiones al medio ambiente que deben ser evaluadas y el nivel de detalle de esta evaluación. En numerosos casos los límites del sistema definidos inicialmente deben ser refinados sobre la base del resultado del trabajo preliminar. Es conveniente comprender y describir claramente los criterios de decisión utilizados para facilitar la selección de las entradas y salidas. Toda decisión de omitir etapas del ciclo de vida, procesos o entradas/salidas debe ser claramente indicada y justificada. Los criterios utilizados para fijar los límites del sistema deben dictar el nivel de confianza necesario para garantizar que los resultados del estudio no estén comprometidos y que el objetivo de un estudio dado será alcanzado<sup>9</sup>.

#### **2. Análisis de Inventario de Ciclo de Vida (ICV)**

El Inventario de Ciclo de Vida es una metodología para estimar el consumo de recursos y las cantidades de residuos y emisiones generadas o atribuibles al ciclo de vida del producto.

---

<sup>9</sup> Jensen A, Hoffman L, Moller B, Schmidt A, Christiansen K, Berendsen S, Elkington J, (1997) "Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences and information sources", Environmental Issues Series No. 6, European Environment Agency, Unión Europea.

Al ciclo de vida del producto en conjunto con sus flujos de energía y materiales asociados, se les llama sistema producto. El modelo del sistema producto es típicamente un modelo de simulación estático. Está compuesto de procesos unitarios, cada uno de los cuales representa una o varias actividades, como procesos de producción, transporte o distribución. Para cada proceso unitario, se registra la información de consumo de recursos naturales, emisiones, residuos generales y otros intercambios con el ambiente.

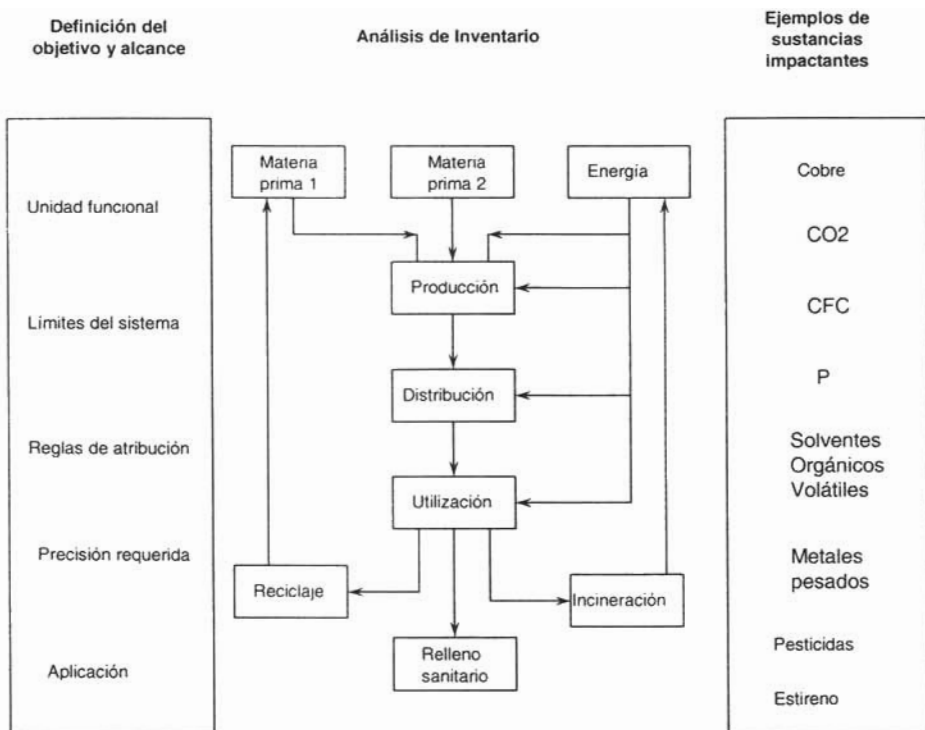
Todos los flujos considerados en el Inventario de Ciclo de Vida deben estar normalizados con base en la unidad funcional considerada (que como se mencionó anteriormente, es la descripción cuantitativa de la función del sistema). Por ejemplo, si se estuviera haciendo un ACV de producción de electricidad, la unidad funcional utilizada podría ser el megawatt-hora producido, y los resultados del inventario de ciclo de vida deberían estar referidos a dicha unidad funcional (Ej. Emisiones generadas por megawatt-hora producido).

En la compilación del Inventario de Ciclo de Vida es crucial la determinación de los procesos a considerar con base en la definición de los límites del sistema considerados en el ACV. Para cada proceso considerado se necesita un conjunto de datos. Este conjunto de datos es una compilación de entradas y salidas asociadas a la función o producto generado por el proceso. La colección y compilación de datos son la etapa que más tiempo y trabajo consumen durante un ACV.

Al término de la compilación del inventario de ciclo de vida, lo que se obtiene es un balance de las cantidades de contaminantes liberados al ambiente junto con la cantidad de energía y materiales consumidos (Como se ilustra en la Figura 4). Los resultados pueden segregarse por etapa del ciclo de vida, medio en el cual se realiza el intercambio (aire, agua, etc.), proceso específico o cualquier combinación de los anteriores<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> Van Hoof B, (2002) “**Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y su aplicación**”, Organización para el Desempeño empresarial Sostenible, Colombia.



**Figura 4. Inventario de Ciclo de Vida <sup>11</sup>**

La compilación del Inventario de Ciclo de Vida durante un ACV puede ser resumida en cuatro pasos generales:

1. Hacer un diagrama de flujo de los procesos que están siendo evaluados: Un diagrama de flujo es una herramienta para ilustrar las entradas y salidas de un proceso o sistema. El diagrama de flujo elaborado debe estar acorde a los límites del sistema establecidos en la definición de objetivo y alcances del estudio. Mientras más detallado sea el diagrama elaborado, mayor precisión y utilidad tendrán los resultados del inventario. Es importante mencionar que para comparar varias alternativas, los diagramas de cada una de ellas deben contar con los mismos límites y deben estar al mismo nivel de detalle.

<sup>11</sup> Van Hoof, 2002

2. Desarrollar un plan de colección de información: Dentro de este plan de colección de información se debe señalar la calidad de los datos que se recopilarán para el estudio, dicha calidad dependerá de la precisión de los resultados esperados y de la disponibilidad de tiempo y recursos. También debe definirse aquí los tipos de datos a utilizarse (Ej. Datos medidos, modelados, muestreados, etc.) y las fuentes de donde serán extraídos (Ej. Medidores en equipo, resultados de laboratorio, bases de datos industriales, etc.).
3. Recopilar los datos: El tercer paso del inventario de ciclo de vida consiste en llenar las hojas de cálculo o diagramas de flujos con la información numérica para cada corriente de los procesos considerados en el estudio. La recopilación de datos puede ser la etapa donde se utilice la mayor cantidad de recursos y tiempo de todo el análisis completo, dependiendo de la complejidad para recopilar la información. En algunas ocasiones la información puede ser demasiado complicada o incluso imposible de obtener o de normalizar a la unidad funcional requerida por lo que se vuelve indispensable redefinir los objetivos, alcances y límites del estudio, o la calidad y fuentes de información a ser utilizada en el inventario.
4. Evaluar y documentar los resultados: Una vez que se ha terminado de recopilar y organizar la información, ésta debe ser verificada para comprobar que tenga la confiabilidad y precisión requerida para cumplir los objetivos del estudio. También es importante al documentar los resultados de la elaboración del inventario, documentar la metodología seguida para la obtención de los datos, así como las suposiciones consideradas.

Aunque los sistemas producto tienen propiedades específicas (como aquellas propiedades que dependen de la región donde se localiza el sistema en estudio, clima, altura, ciclo geoquímica, etc.), los sistemas producto usualmente contienen clases de procesos comunes a casi todos los ACV, como lo son el suministro de energía, transporte, tratamiento de residuos, producción de químicos y materiales "commodities" (Por materiales "commodities" se entiende aquellos mercados de materiales de producción sencilla, con bajas barreras de entrada, de altos volúmenes, grandes números de

productores y baja contribución<sup>12</sup>). Es por esto que se vuelve prácticamente indispensable el contar con bases de datos que proporcionen información de calidad (transparente y consistente) de uso frecuente para compilar inventarios de ciclo de vida, en particular cuando se quiere aplicar el ACV de forma rutinaria.

Existen varios proyectos de bases de datos públicas con información para ser utilizada en la compilación de inventarios de ciclo de vida y que incluyen información sobre consumo de recursos, generación de residuos y emisiones por kilogramo de material producido. También hay otras iniciativas que están en desarrollo en algunos países como Japón, Canadá, Alemania, Estados Unidos, Suiza y Suecia además de otros proyectos que se están desarrollando a nivel internacional como la Iniciativa de Ciclo de Vida (Life Cycle Initiative) por parte del Programa Ambiental de las Organización de las Naciones Unidas (UNEP). También hay organizaciones industriales como la AMPE (Asociación de Manufactureras de Plástico de Europa) o el Instituto Internacional de la Industria del Acero que están compilando y haciendo pública la información necesaria para compilar los inventarios de ciclo de vida dentro de su sector industrial.

También es común la utilización de software especializado para la compilación de inventarios de ciclo de vida. La mayoría del software utilizado es comercial y de acuerdo a una encuesta realizada<sup>13</sup> entre 22 fabricantes genéricos de software, existen alrededor de 3000 licencias vendidas alrededor del mundo. El software especializado está diseñado para cubrir las necesidades de la gente que toma las decisiones en sectores específicos, como diseñadores en la industria mecánica, eléctrica o de construcción. Los datos contenidos en estos paquetes de software generalmente provienen de información secundaria de fuentes públicas o industriales, aunque también hay algunos paquetes que contienen información colectada de forma directa, aunque esto es mucho menos común<sup>14</sup>.

---

<sup>12</sup> "Desarrollo de Clientes de Especialidades", Petroquímica Cuyo, Enero de 2005, <http://www.ipqa.org.ar/eventos/presentaciones/IIIJornadasPetroquimicas/KRELL.pdf>

<sup>13</sup> Jönbrink AK, Wolf-Wats C, Erikon M, Olsson P, Wallén E, (2000) "LCA Software Survey", IVL Reporte No B 1390, Swedish Environmental Research Institute, Estocolmo, Suecia.

<sup>14</sup> Rebitzer G, Ekvall T, Frischknecht R, Hunkeler D, Norris G, Rydberg T, Schimdt W.-P, Suh S, Weidema B.P., Pennington D.W., (2003) "Life cycle Assessment, Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications", Journal of Environment International, 2003.11.005

En la compilación del inventario de ciclo de vida para conducir un ACV, pueden presentarse varias dificultades, entre las que se encuentran:

- El sistema en estudio usualmente consta de un gran número de procesos unitarios.
- El estudio usualmente requiere de comunicación y trabajo en conjunto entre varias organizaciones involucradas a lo largo del ciclo de vida.
- La cuantificación de productos, contaminantes, recursos utilizados, etc. debe ser medida de la misma forma en cada proceso unitario. La nomenclatura usada para denotar los flujos y demás intercambios con el ambiente también debe ser consistente a lo largo del sistema en estudio.
- La persona que realiza el ACV puede tener poco conocimiento del proceso del cual se está compilando información.
- Cuando el sistema en estudio involucra la generación de más de un producto o función, resulta complicado la distribución de impactos entre los productos o funciones generados.

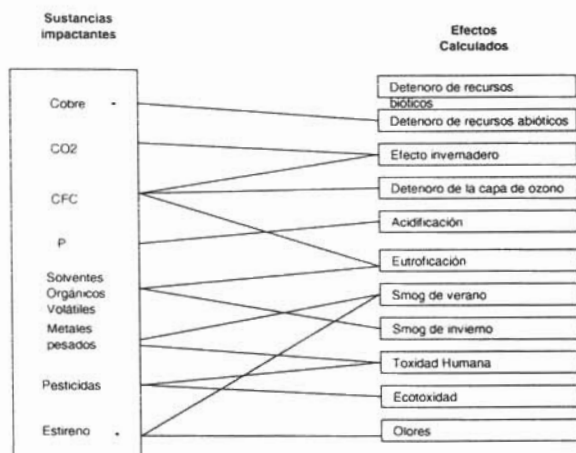
### **3. *Evaluación de Impacto***

En esta fase lo que se busca es evaluar los impactos a la salud y el ambiente de los recursos utilizados y emisiones generadas identificadas durante la etapa del inventario de ciclo de vida. El objetivo de esta fase es establecer un vínculo entre los productos o procesos y sus efectos potenciales. Por ejemplo, ¿Cuáles son los impactos de liberar 9000 ton de CO<sub>2</sub> o 5000 ton de metano a la atmósfera?, ¿Qué tiene mayor impacto?, ¿Cómo impacta dicha liberación en la contaminación atmosférica?, ¿Cómo en el calentamiento atmosférico?, etc.

La importancia de esta fase durante el ACV consiste en tener una base más precisa para hacer comparaciones entre distintas alternativas. Por ejemplo, aunque se sepa que tanto la liberación de 9000 ton de CO<sub>2</sub> como la liberación de 5000 ton de metano a la atmósfera son ambas dañinas, la etapa de evaluación de impacto ayudaría a determinar qué liberación tendría un mayor impacto.

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) estadounidense recomienda seguir los siguientes pasos para la evaluación de impacto durante un ACV:

1. Selección y definición de las categorías de impacto: Esta etapa se completa durante la definición de objetivo y alcance del ACV. Impacto se refiere a las consecuencias causadas por las corrientes de entrada y salida de un sistema en la salud humana, plantas, animales o la disponibilidad futura de recursos naturales.



**Figura 5. Clasificación de los resultados del Inventario de Ciclo de Vida dentro de las Categorías de Impacto<sup>15</sup>**

2. Clasificación: El objetivo de esta etapa es organizar y posiblemente combinar los resultados del Inventario en las categorías de impacto seleccionadas (Ver Figura 5). En ocasiones, una partida del inventario de ciclo de vida puede contribuir a más de una categoría de impacto, por ejemplo, puede tener impacto en el calentamiento global y la acidificación. En estos casos es importante identificar si un impacto es completamente independiente del otro, o si guardan alguna relación entre ellos. En el caso en que los impactos sean dependientes, deberá distribuirse el resultado del inventario entre cada uno de los impactos. Cuando los impactos

<sup>15</sup> Van Hoof, 2002

sean completamente independientes, deberá asignarse el total de los resultados del inventario entre las categorías de impacto a las cuales pertenecen.

3. **Caracterización:** La caracterización o equivalencia de impactos utiliza factores de conversión con base científica, llamados factores de caracterización o factores de equivalencia. El objetivo de utilizar dichos factores de caracterización es convertir y combinar los resultados del ICV en indicadores de impacto representativos. Los indicadores de impacto se calculan de la siguiente forma:

$$\text{Indicador de Impacto} = \text{Resultado del Inventario (Volumen, cantidad, etc.)} \times \text{Factor de Caracterización}$$

Como ejemplo, se puede considerar el siguiente:

- a) Categoría de Impacto a considerar:

Potencial de Calentamiento Global

- b) Factor de Caracterización en el potencial de calentamiento global:

9 / kg de cloroformo

21 / kg de metano

- c) Resultados del ICV:

20 kilogramos de emisión de cloroformo

10 kilogramos de emisión de metano

- d) Cálculo de Indicadores de Impacto en el potencial de calentamiento global:

Indicador de Impacto de Cloroformo =  $20 \times 9$

**Indicador de Impacto de Cloroformo = 180**

Indicador de Impacto de Metano =  $10 \times 21$

**Indicador de Impacto de Metano = 210**

Como se puede observar en el resultado, si únicamente se considera los resultados del inventario de ciclo de vida, se podría pensar que una alternativa que únicamente emitiera 10 kilogramos de metano podría tener menos impacto que la alternativa que emitiera 20 kilogramos de cloroformo, pero al considerar el factor de caracterización, se demuestra que en la realidad, el metano emitido tendrá más impacto en la categoría seleccionada que el cloroformo.



4. Normalización: El proceso de normalización permite comparar los resultados de los indicadores de impacto dentro de las distintas categorías. Para hacer esto, deben dividirse los resultados del indicador de impacto entre un valor de referencia seleccionado como pueden ser las emisiones totales o uso de recursos para un área en particular o per cápita.
5. Agrupación: Para facilitar la interpretación de los resultados en áreas de interés específicas, conviene agrupar las categorías de impacto en uno o más conjuntos.
6. Ponderación: La etapa de ponderación consiste en asignar valores o pesos a las distintas categorías de impacto dependiendo de la importancia o relevancia percibida que se tenga de ellas. La importancia de la ponderación reside en poder reflejar los objetivos del estudio y los valores de los involucrados. Por ejemplo, un impacto de emisiones al aire dañinas podría ser de mayor preocupación en una zona con serios problemas de contaminación atmosférica que en una zona con mejor calidad ambiental atmosférica. Esta etapa de ponderación, al estar cargada de cierta subjetividad, deberá estar acompañada de la documentación de la metodología seguida para asignar los distintos pesos a las categorías.
7. Evaluación y Documentación de los resultados de esta etapa: En esta fase se debe revisar la precisión de los resultados obtenidos en la evaluación de impacto. Es importante documentar a detalle la metodología seguida durante toda la etapa de evaluación de impacto, así como las suposiciones y simplificaciones hechas durante la etapa.

En forma esquemática, se puede observar en la Figura 6, un resumen de la etapa de evaluación de impacto dentro de un ACV.

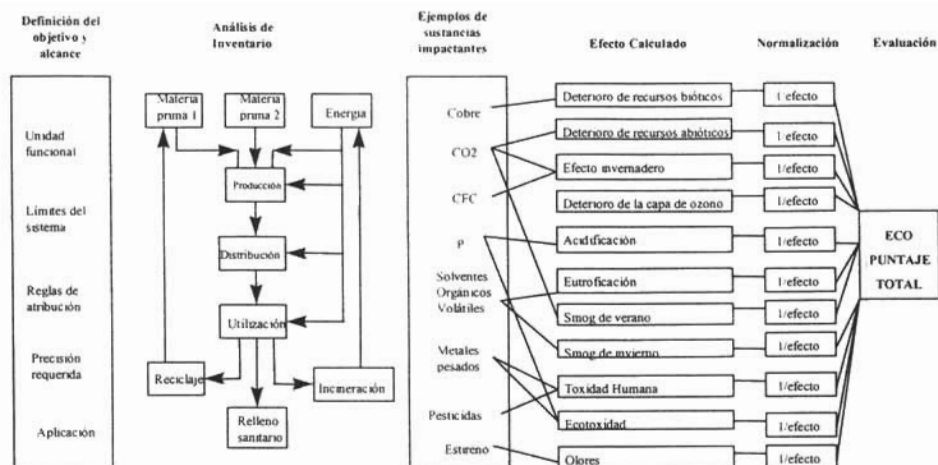


Figura 6. Evaluación de Impactos dentro de un ACV <sup>16</sup>

#### 4. Interpretación de los resultados del Estudio

La interpretación del ACV es una técnica sistemática para identificar, cuantificar, verificar y evaluar la información resultante del inventario de ciclo de vida y la evaluación de impacto del ciclo de vida. La interpretación del ACV es la última etapa del proceso de ACV y de acuerdo a la Organización Internacional de Estandarización (ISO), los objetivos en esta fase son:

1. Analizar los resultados, llegar a conclusiones, explicar las limitaciones y dar recomendaciones en base a los hallazgos de las fases anteriores del ACV, así como reportar los resultados del ACV de una manera transparente.
2. Proporcionar los resultados del ACV de una manera transparente, entendible, consistente y acorde a los objetivos y alcance definidos para el estudio.

<sup>16</sup> Van Hoof, 2002

También de acuerdo a la Organización Internacional de Estandarización, los pasos a seguir para hacer la interpretación de un ACV son:

1. Identificar lo más relevante del estudio: La importancia de este paso radica en identificar los elementos en cada fase del ciclo de vida que más contribuyen al impacto de dicha fase, así como en identificar las fases que más contribuyen al impacto total del ciclo de vida del producto o servicio, esto con miras a encontrar los puntos de mejora críticos en el diseño del mismo.
2. Evaluar qué tan consistentes, sensatos y completos son los datos obtenidos en el estudio: Durante este paso debe evaluarse qué tanto se cumplió con la información que planteaba recolectarse durante el estudio, evaluar la consistencia al establecer los límites o fronteras, la ubicación de los resultados del inventario en las distintas categorías de impacto, suposiciones, etc. La importancia de este paso es que haya consistencia entre la metodología seguida para evaluar una alternativa y otra.
3. Elaborar conclusiones y recomendaciones: Finalmente deberá concluirse qué opción presenta un menor impacto. En general la recomendación gira alrededor de seleccionar la opción que presenta un menor impacto a lo largo de todo el ciclo de vida. También como parte de las conclusiones y recomendaciones es importante señalar los puntos en las opciones estudiadas que podrían disminuir de forma notable los impactos globales de todo el ciclo de vida.

Los resultados provenientes de un ACV no siempre podrán ser útiles para comparar distintas alternativas debido a la incertidumbre en los resultados finales. Esto no significa que el esfuerzo invertido en el ACV ha sido en vano. El ACV puede proporcionar los pros y contras en cada una de las alternativas además de ayudarle a la gente que en un momento dado tomará la decisión a entender los impactos en la salud o el ambiente que un producto puede tener con base a una sustentación metodológica. También es importante mencionar que un ACV pierde sentido si no comparan al menos dos opciones de diseño.

En conclusión, el ACV es una herramienta con mucha utilidad para proporcionar un mejor entendimiento de los impactos que ocasiona un producto o un proceso, que tradicionalmente no son considerados.

Esto es sumamente importante para evaluar los impactos que una decisión implica, particularmente en la selección de un producto o servicio. Sin embargo, es importante mencionar que un estudio de ciclo de vida no podría ser ni suficiente ni determinante para seleccionar entre dos alternativas de producto a desarrollar, aún cuando los resultados cuenten con la precisión requerida. Esto debido a que, como se presentó en el segundo capítulo de esta tesis, también deben ser considerados otros muchos criterios de diseño que garantizarán el éxito del producto en el mercado, tales como el costo, la calidad, la funcionalidad, etc.

## **II. Gestión Integral de Ciclo de Vida (Life Cycle Management)**

A pesar de que el Análisis de Ciclo de Vida ha mostrado conceptualmente ser una poderosa herramienta para evaluar los impactos que un producto o servicio causa a lo largo de su ciclo de vida, las compañías que han tratado de ponerla en uso como parte de sus actividades de desarrollo de productos, han encontrado que la elaboración del inventario de ciclo de vida (fase del ACV) resulta demasiado complicada. Resulta más complicado aún tratar de asociar los resultados de dicho inventario a las categorías de impacto con sustento científico y todavía más complicado traducir los resultados de estos impactos en planes de acción concretos.

De acuerdo a un estudio realizado en Australia<sup>17</sup>, el costo de los ACV's realizados para evaluar distintas alternativas entre productos de línea blanca (refrigeradores, lavadoras, etc.) oscila entre los 20,000 y 80,000 USD. También se identificó como uno de los principales problemas el tiempo que tiene el recopilar información principalmente con la cadena de proveedores de componentes (que incluye a los proveedores directos, así como a los proveedores de los subcomponentes, es decir, proveedores de los proveedores directos).

Bajo estos antecedentes, las compañías empezaron a desarrollar enfoques más simples que mantuvieran la esencia del Análisis de Ciclo de Vida pero que evitaran las dificultades

---

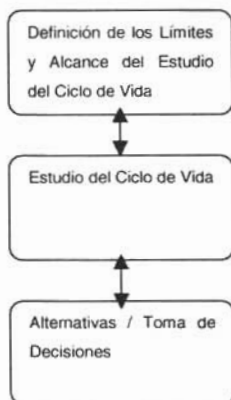
<sup>17</sup> Ryan C. (1996) "Life Cycle Analysis and Design – A productive relationship?", First National Conference on Life Cycle Assessment, Melbourne, Australia.

intrínsecas que lo caracterizan. Dichos enfoques también encuentran su origen en el hecho de que las compañías que incursionaron en el desarrollo de ACV's detallados, encontraron que normalmente las decisiones a las que se enfrentaban como equipos de diseño o desarrollo de productos eran muy similares (Ej. Disminuir la cantidad total de material que integra el producto, eliminar los materiales tóxicos, utilizar materiales reciclables o bien biodegradables, utilizar mayor cantidad de materiales reciclados, minimizar la energía consumida en el proceso o las emisiones del mismo, etc.)

Todas estas decisiones se caracterizan por estar dentro del ámbito de las decisiones que las compañías normalmente pueden tomar, afectan a una etapa del ciclo de vida del producto en particular y normalmente son identificadas durante una evaluación simple de las etapas que conforman el ciclo de vida del producto.

La Gestión Integral de Ciclo de Vida (GICV) sigue un marco metodológico similar al Análisis de Ciclo de Vida y aún cuando no existe todavía consenso sobre una metodología en particular, se reconocen al menos los siguientes componentes en la misma (Figura 7):

1. Definición de Límites y Alcance del Estudio del Ciclo de Vida
2. Estudio del Ciclo de Vida
3. Alternativas / Toma de Decisiones



**Figura 7. Etapas que componen la Gestión Integral de Ciclo de Vida (GICV)**

A continuación se da una breve descripción de las etapas que conforman la GICV.

### **1. Definición de Límites y Alcance del Estudio de Ciclo de Vida**

El alcance de ciclo de vida se define de forma consistente con las metas de la firma y la naturaleza de las decisiones que se plantean. En caso de ser apropiado, los límites del ciclo de vida podrían definirse de manera amplia para abarcar todas las fases de un producto o proceso, de “la cuna a la tumba”. Alternativamente, los límites se podrían definir más estrechamente para incluir sólo aquellas fases controladas por la firma. El concepto clave es que no existe una definición única *correcta* del ciclo de vida. Dependiendo del conjunto específico de decisiones, una firma determinada puede encontrar apropiado usar varias definiciones diferentes del alcance o límites del ciclo de vida<sup>18</sup>.

Al definir el objetivo que tendrá la Gestión Integral de Ciclo de Vida deberá definirse de forma concreta, es decir, definir el objetivo de una GICV como “Desarrollo de Productos” podría no tener suficientes parámetros para evaluar si en realidad se está cumpliendo con dicho objetivo.

Para definir un objetivo más específico conviene establecer las preguntas que la firma quiere contestar de forma general por medio de la GICV y posteriormente hacer preguntas más específicas que irán dando forma a las decisiones que podrían estar involucradas como resultado de la GICV. Entre las preguntas generales que podría plantear la compañía se encuentran:

- ¿Qué fuentes causan el impacto ambiental del producto?
- ¿En qué fases del ciclo de vida del producto nos debemos enfocar para reducir el impacto ambiental de nuestro producto?

---

<sup>18</sup> Fiksel, 1997

- ¿Qué etapas del ciclo de vida del producto podrían ocasionar incumplimiento con las regulaciones aplicables en materia de seguridad e higiene industrial y medio ambiente y de qué forma podrían ser atacados dichos incumplimientos?

En ocasiones la necesidad de llevar a cabo una GICV y por tanto su objetivo podrían estar determinados por situaciones particulares de la compañía tales como:

- Presunción de que algún producto en particular está ocasionando problemas ambientales que podrían causar una imagen negativa de la compañía y se desea anticipar dichas consecuencias negativas buscando opciones de rediseño del producto.
- Los principales clientes de la firma para cierto producto o línea de productos han decidido dejar de comprar materiales que contengan químicos de alto riesgo, regulados o que los hagan incurrir en altos costos de disposición de residuos o de controles de ingeniería, por lo cual se tendrá que hacer un rediseño del producto para poder conservar a dichos clientes.
- Se ha encontrado como una buena oportunidad para la compañía exportar cierto producto a otros mercados (Ej. Mercado europeo, japonés) pero dichos mercados se encuentran altamente regulados lo cual hace necesario plantear la reformulación del producto para poder superar dichas barreras regulatorias y comercializar con éxito el producto.
- La manufactura de un producto está haciendo incurrir a la propia compañía en costos altos por generación y disposición de residuos peligrosos o por problemas de seguridad e higiene industrial y buscar alternativas de rediseño del producto ayudaría a reducir dichos costos.
- Se descubre que el ingrediente de un producto de uso final (Ej. Cosméticos, alimentos, etc.) es tóxico o cancerígeno lo cual impactaría drásticamente en sus ventas y se vuelve indispensable el encontrar alternativas para reformular el producto y no perder su mercado.

Bajo este contexto en esta primera etapa de la GICV resulta conveniente recopilar información general del producto o productos a analizar. Dicha información debe comprender al menos:

- Descripción del producto (Ej. Empaque para alimentos congelados).
- Descripción del servicio o función que cumple el producto (Ej. Contener el alimento para su comercialización).
- Clientes o mercado al cual va destinado el producto (Ej. Compañías que exportan frutas y vegetales congelados a Japón o Europa).
- Lugar donde se haría la manufactura del Producto (Ej. Planta de PVC ubicada en Zapopan, Jalisco, México).
- Regulaciones y tendencias regulatorias que afectan a lo largo del ciclo de vida del producto (Ej. Regulaciones en materia ambiental y de seguridad en el lugar de manufactura del producto, directiva de empaque de la Unión Europea, regulaciones sanitarias y ambientales en materia de empaque en la Unión Europea y Japón, impuestos especiales a ciertos tipos de empaque en algunos países europeos).

Obtener esta información ayudará a identificar los principales ejes bajo los cuales deberá llevarse a cabo el Estudio de Ciclo de Vida – etapa siguiente de la GICV – y permitirá a la compañía que lleva a cabo la GICV en la toma de decisiones.

## **2. Estudio del Ciclo de Vida**

El Estudio del Ciclo de Vida de las etapas que conforman el ciclo de vida de un producto se realiza comúnmente por medio de:

- Análisis conceptuales de ciclo de vida (Árbol de Procesos<sup>19</sup>, Checklist de Ciclo de Vida, MET) y
- Análisis de Ciclo de Vida Simplificado (MECO)

---

<sup>19</sup> Sustainable Design Awards, “**Whole Life Cycle Approaches**”, Agosto de 2004, de [http://www.sda-uk.org/content/toolkit/section3/section3\\_2.asp](http://www.sda-uk.org/content/toolkit/section3/section3_2.asp)



La selección del método a seguir para estudiar el ciclo de vida del producto, depende en gran parte de las decisiones que deberán ser soportadas por dicho estudio, así como por la disponibilidad de recursos (tiempo, dinero, recursos humanos).

También es importante mencionar que la complejidad del método utilizado durante el Estudio del Ciclo de Vida, así como los requisitos de documentación deberán ser más severos cuando se pretende utilizar la Gestión Integral de Ciclo de Vida para fines externos a la compañía. Si se pretende utilizar la Gestión Integral de Ciclo de Vida como herramienta interna en la compañía para establecer prioridades de administración ambiental o desarrollo de productos, el nivel de documentación y complejidad serán propiamente decisión de la compañía, pero si se fuera a utilizar la Gestión Integral de Ciclo de Vida con fines de documentación en sistemas de calidad (o calidad ambiental) o con fines de eco-etiquetado de productos, el nivel de documentación y complejidad del método a seguir será mucho más estricto.

A continuación se presenta una breve descripción de opciones metodológicas para llevar a cabo el Estudio del Ciclo de Vida dentro del marco de la Gestión Integral de Ciclo de Vida:

### **2.1 *Análisis Conceptual de Ciclo de Vida (Life Cycle Thinking)***<sup>20</sup>

El Análisis Conceptual de Ciclo de Vida (ACCV) es el primer y más simple nivel de un Análisis de Ciclo de Vida. A este nivel el enfoque de ciclo de vida es usado para hacer evaluación de impactos en base a un inventario limitado y básicamente cualitativo. Un Análisis de Ciclo de Vida Conceptual usualmente puede ser utilizado para responder preguntas como ¿Hay alguna base para seguir una estrategia de mercadotecnia verde?, ¿El producto es significativamente distinto a los productos de la competencia? o ¿El producto presenta algún beneficio en términos de impactos ambientales, de salud o seguridad?. Las decisiones clave sobre mercadotecnia verde y desarrollo de productos nuevos no requieren necesariamente de análisis altamente cuantitativos, sino un

---

<sup>20</sup> Jensen et al, "Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences and information sources", 1997

entendimiento claro de las ventajas, desventajas e incertidumbres relativas para un producto nuevo o existente.

Entre las herramientas más comúnmente utilizadas en el ACCV se encuentran el Árbol de Procesos y la Lista de Verificación de Ciclo de Vida que a continuación se describen:

### 2.1.1 Árbol de Procesos

Un árbol de procesos describe todas las etapas del ciclo de vida de un producto de forma visual. Realizar un árbol de procesos ayuda a definir las etapas del ciclo de vida bajo estudio. También es fácil identificar las principales entradas al ciclo de vida (utilización de recursos), los materiales que quedarán al fin del ciclo de vida (residuos), así como los límites a considerar en caso de decidir continuar con un análisis de ciclo de vida más complejo.

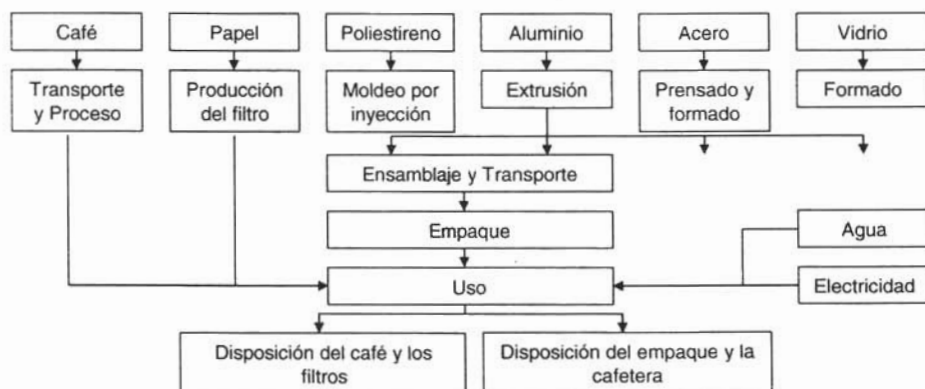


Figura 8. Ejemplo de un árbol de procesos del ciclo de vida de una cafetera.

### 2.1.2 Lista de verificación (Check list) de Ciclo de Vida

La intención del uso de la lista de verificación de ciclo de vida es mejorar el diseño de los productos en los aspectos que pueden ser mejorados en cada fase del ciclo de vida sin la necesidad de hacer una evaluación de impactos (recuérdese que las mejoras que un

grupo de desarrollo puede incorporar en el diseño de un producto son normalmente del mismo tipo, ej. Minimizar la cantidad de empaque a utilizar, minimizar la cantidad de residuos y emisiones, utilizar mayor cantidad de material reciclado, etc.). Este enfoque de ciclo de vida es muy práctico ya que se enfocan los aspectos de mayor relevancia y permite a los grupos de diseño que decidan incorporar principios de eco-eficiencia en sus productos, invertir una mayor cantidad de tiempo en encontrar las formas más factibles de incorporar dichos principios y no en la recopilación de datos. También tiene la ventaja de considerar los puntos que la firma considera relevantes y sobre los cuales ha decidido actuar. Sin embargo presenta la gran desventaja, como todos los métodos simplificados, de dejar fuera de la evaluación aquellos impactos particulares del producto o alternativa en estudio que no están tipificados por los impactos o puntos de mejora considerados en la matriz. A continuación se presentan algunos de los aspectos que se consideran durante la evaluación de ciclo de vida del producto con el uso de la lista de verificación.

Evaluación de Necesidades	Fase 1: Suministro de materiales y componentes	Fase 2: Manufactura	Fase 3: Distribución	Fase 4: Uso del Producto	Fase 5: Recuperación y Disposición
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Cuáles son las funciones principales y auxiliares del producto?</li> <li>➤ ¿El producto cumple estas funciones de forma eficaz y eficiente?</li> <li>➤ ¿Qué necesidades satisface el producto?</li> <li>➤ ¿Pueden ser ampliadas las funciones del producto para satisfacer de mejor forma las necesidades del cliente?</li> <li>➤ ¿Cuál es el tiempo de vida técnico del producto?</li> <li>➤ ¿Cuál es el tiempo de vida estético o funcional del producto?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Qué problemas pueden surgir durante la producción o suministro de materias primas?</li> <li>➤ ¿Cuántos y qué tipo de plásticos están siendo usados?</li> <li>➤ ¿Cuántos y qué tipo de metales están siendo usados?</li> <li>➤ ¿Cuál es el perfil ambiental de las materias primas o componentes que están siendo usados?</li> <li>➤ ¿Cuánta energía se requiere para transportar los materiales o componentes?</li> <li>➤ ¿Pueden utilizarse materiales reciclados, reciclables o que provengan de recursos renovables?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Qué problemas podrían surgir durante la manufactura del producto?</li> <li>➤ ¿Cuáles y cuántos tipos de procesos están siendo usados (Incluyendo conexiones, tratamientos de superficie, impresión y etiquetado)?</li> <li>➤ ¿Qué tipo de materiales auxiliares se requieren?</li> <li>➤ ¿Cuánto energía se requiere durante el proceso de producción?</li> <li>➤ ¿Cuántos residuos y emisiones se generan?</li> <li>➤ ¿Cuánto "scrap" (Producto fuera de especificaciones) se genera?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Qué problemas podrían surgir durante la distribución del producto a los clientes?</li> <li>➤ ¿Cuántos y qué tipo de empaques son utilizados?</li> <li>➤ ¿Puede minimizarse la cantidad de material a utilizar?</li> <li>➤ ¿Qué medios de transporte serán utilizados?</li> <li>➤ ¿El transporte está organizado de forma eficiente?</li> <li>➤ ¿Puede optimizarse la distribución en términos de energía?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Qué problemas podrían surgir por el uso, operación, servicio o reparación del producto?</li> <li>➤ ¿Qué tipo y cuanta energía será consumida durante el uso del producto?</li> <li>➤ ¿Cuántos y qué tipo de consumibles demandará el uso del producto?</li> <li>➤ ¿Qué riesgos implica el uso del producto?</li> <li>➤ ¿Qué normatividad rige el uso del producto en base al mercado al que está dirigido?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ¿Qué riesgos se generan durante el reciclado o disposición del producto?</li> <li>➤ ¿Qué componentes podrían ser reusados?</li> <li>➤ ¿El material puede ser desensamblado fácilmente?</li> <li>➤ ¿Qué materiales son reciclables?</li> <li>➤ ¿Los materiales que no son reciclables ni re-usados pueden ser fácilmente biodegradados?</li> <li>➤ ¿El producto evita el uso de materiales persistentes en el ambiente?</li> <li>➤ ¿Se puede evitar la generación de residuos peligrosos?</li> </ul>

Figura 9. Lista de Verificación de Ciclo de Vida

### 2.1.3 Matriz MET (Materiales, Energía, Toxicidad)

La matriz MET es una herramienta cualitativa para realizar un análisis funcional del perfil ambiental de un producto. El eje vertical considera las distintas etapas del ciclo de vida, mientras en el eje horizontal se colocan los impactos. Dichos impactos se clasifican en tres áreas principales:

1. Ciclo de Materiales (Entradas / Salidas): En esta columna se deben considerar los asuntos relacionados con las entradas y salidas de materiales a lo largo del ciclo de vida. Entre la información que se debe incluir se encuentra:
  - a. Materiales no renovables.
  - b. Materiales que generan emisiones durante la producción, como cobre, plomo y cinc.
  - c. Materiales incompatibles.
  - d. Eficiencia en el reuso de materiales / componentes.
  
2. Uso de Energía (Entradas / Salidas): En esta columna se considera lo relativo al consumo energético de las distintas etapas del ciclo de vida. Entre la información a considerar está:
  - a. Materiales listados en la primer columna con un alto contenido energético.
  - b. Consumo de energía para las distintas etapas del ciclo de vida (producción, distribución, uso, fin de vida).
  - c. Emisiones generadas como consecuencia del uso de energía.
  
3. Emisiones Tóxicas (Entradas / Salidas): En esta última columna deben identificarse las emisiones tóxicas al aire, tierra y agua. También pueden incluirse impactos toxicológicos en el ser humano por exposición durante las distintas etapas del ciclo de vida.

	Ciclo de Materiales	Uso de Energía	Emisiones Tóxicas
Suministro de Materiales			
Producción			
Distribución			
Uso			
Fin de Vida			

**Figura 10. Matriz MET**

Las etapas del ciclo de vida consideradas son las siguientes:

- 1.- Suministro de materias primas y componentes
- 2.- Producción / Ensamblado / Manufactura
- 3.- Distribución
- 4.- Uso del Producto
- 5.- Fin de Vida (Incluyendo recuperación y disposición)

La realización de una matriz MET permite identificar los impactos que no se tienen bien entendidos y que requieren mayor estudio, las oportunidades de mejora en el diseño de un producto y las ventajas relativas que se perciben en el diseño del producto contra los productos ya existentes que posteriormente podrían ayudar a diferenciar el producto en el mercado.

También es importante mencionar que la matriz MET puede ser utilizada para identificar los puntos importantes en los cuales convendría realizar un Análisis de Ciclo de Vida detallado, pero realizar con anterioridad la matriz MET permite identificar los impactos y etapas relevantes en los cuales debe invertirse una mayor cantidad de tiempo y recursos.

## **2.2 Análisis de Ciclo de Vida Simplificado (ACVS)**

Los métodos simplificados de Análisis de Ciclos de Vida son herramientas cuantitativas que permiten identificar los principales impactos de un producto a lo largo de su ciclo de vida simplificando la etapa de inventario de ciclo de vida y evaluación de impactos en una sola etapa, es decir simplificando la etapa de colección de datos.

Es importante mencionar que en ocasiones la simplificación a la que se llega al final del estudio es tal, que en vez de resultar un Análisis de Ciclo de Vida simplificado, termina siendo una mera Evaluación Ambiental con una perspectiva de ciclo de vida, pero que ayuda de igual manera en la toma de decisiones.

El análisis simplificado de ciclo de vida es una herramienta para encontrar respuestas a preguntas como ¿En qué parte del ciclo de vida del producto existen los impactos más significativos? o ¿Qué actividades causan los impactos negativos más relevantes?. La diferencia del método simplificado con el ACV tradicional es que la colección de información puede restringirse a un sub-segmento del ciclo de vida. Por ejemplo, si se está examinando un baño de calentamiento de agua y se encuentra que las pérdidas de calor durante la etapa de uso del producto son las que presentan un mayor impacto, la recolección detallada de información podría restringirse a esta etapa.

Como ejemplo de una metodología de Análisis Simplificado de Ciclo de Vida se presenta la matriz MECO (Materiales, Energía, Químicos y Otros). La matriz MECO ha sido ampliamente recomendada y utilizada por el gobierno Danés por medio de la Agencia Danesa de Protección Ambiental, principalmente para fomentar el uso del Ciclo de Vida en las actividades de desarrollo de productos entre las pequeñas y medianas empresas de ese país.

La matriz MECO (Materials, Energy, Chemicals and Others) es una herramienta utilizada para evaluar los impactos ambientales de un producto a lo largo de su ciclo de vida incorporando en una sola etapa la elaboración del inventario y evaluación de impactos. La forma que toma una matriz MECO se ilustra a continuación<sup>21</sup>:

---

<sup>21</sup> Agencia Danesa de Protección Ambiental, “**Handbook on environmental assessment of products**”, Septiembre de 2004, de [http://www.mst.dk/udqv/publications/2003/87-7972-683-6/html/b\\_kap03\\_eng.htm](http://www.mst.dk/udqv/publications/2003/87-7972-683-6/html/b_kap03_eng.htm)

	Materiales	Producción	Transporte	Uso	Disposición
Materiales					
Energía					
Químicos					
Otros					

**Figura 11. Matriz MECO (Materials, Energy, Chemicals & Others)**

Al igual que en el Análisis de Ciclo de Vida, al utilizar la matriz MECO para llevar a cabo un Análisis Simplificado de Ciclo de Vida se debe empezar definiendo la unidad funcional bajo la cual será llevado a cabo el estudio, dicha unidad funcional deberá reflejar el servicio o función del producto en términos cuantitativos. Un ejemplo de unidad funcional podría ser para el caso de una pintura o recubrimiento "la cantidad necesaria de pintura para decorar o cubrir una superficie por un X número de años". Cuando se compararan dos alternativas distintas de pintura, podría resultar que para cumplir la función declarada, sería necesario utilizar más cantidad de una alternativa de pintura que de la otra.

Durante el llenado de la matriz MECO la intención es formarse una impresión de los impactos significativos que el producto tendría durante las etapas del ciclo de vida consideradas. Se considera el peso del producto y el tipo de materiales utilizados para su manufactura, los procesos o químicos que podrían resultar problemáticos durante las operaciones de producción, las opciones de disposición que se tendría para el producto, etc.

La matriz también se utiliza para hacer la planeación del estudio del ciclo de vida del producto así como para identificar las posibles fuentes para obtener la información necesaria para llevar a cabo el estudio.

A continuación se ejemplifica cómo tendría que ser llenada la matriz durante esta etapa de planeación del estudio.

Fase	Descripción	Posibles Fuentes de Información
<b>Materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peso Total del Producto</li> <li>- Estructura / Composición del Producto</li> <li>- Opciones de Empaque</li> </ul>	Departamento de Producción, Listado de Materias Primas
<b>Producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diagrama de Procesos Principales</li> <li>- Químicos y Procesos Especiales Utilizados</li> <li>- Límites de Exposición a Químicos</li> <li>- Consumo Energético</li> </ul>	Departamento de Producción, Listado de Materias Primas, Información de Químicos (Hojas de Seguridad, Hojas Técnicas)
<b>Transportación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ubicación de Proveedores</li> <li>- Distancia recorrida durante el suministro de materias primas</li> <li>- Distancia recorrida para el suministro del producto terminado</li> </ul>	Departamento de Ventas, Operaciones, Compras
<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiempo de Vida del Producto (Meses, Años)</li> <li>- Ventas por Mercado / País</li> <li>- Tiempo de operación del producto (Para productos electrónicos)</li> <li>- Consumo energético durante la operación del producto</li> <li>- Consumo de materiales auxiliares / secundarios durante la etapa de operación del producto.</li> </ul>	Departamento de Ventas / Mercadotecnia / Servicio Técnico Distribuidores Departamento de Desarrollo de Productos
<b>Disposición</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posibilidades de fin de vida del producto: (%) Rellenos Sanitarios, Incineración, Separación, Reciclado, Otras.</li> </ul>	Departamento de Desarrollo de Productos o Servicio Técnico Autoridades locales

**Figura 12. Planeación de Recopilación de Información para matriz MECO**

Habiendo identificado la información que se recopilará y las fuentes para obtener dicha información, se procederá al llenado de la matriz.

La forma de llenar la matriz es por medio de las etapas en los impactos considerados, por lo tanto la información recopilada para cada etapa deberá ser distribuida en términos de los impactos considerados. Es importante mencionar que algunos gobiernos que han impulsado la utilización de este tipo de herramientas, han publicado métodos sencillos para el cálculo de impactos de materiales de uso común a partir de bases de datos, como es el caso del gobierno Danés, sin embargo en otros países no existen tales métodos sencillos y la evaluación de impactos deberá llevarse a cabo de forma cualitativa, con la desventaja de que dicha evaluación se torna algo subjetiva.



A continuación se presentan las consideraciones que deben tenerse para determinar los impactos considerados en la matriz MECO

- **Materiales:** Una vez identificadas las materias primas utilizadas en cada etapa del ciclo de vida, deberán también identificarse los recursos naturales de los cuales provienen dichas materias primas. Deberá identificarse qué materiales provienen de recursos naturales escasos, cuáles tienen un impacto alto en el medio ambiente, cuáles podrían ser utilizados en una menor cantidad, cuáles son causantes de emisiones en la etapa de producción, qué materiales podrían provenir de material reciclado, cuáles de fuentes renovables, etc.
- **Energía:** Aquí se comprende el uso de energía en sus distintas formas, electricidad, vapor, calor, etc. También se considera la energía contenida en algunos materiales que podría ser utilizada – por ejemplo algunos plásticos contienen una gran cantidad de energía y al ser quemados la energía liberada podría utilizarse en los procesos. Se debe identificar la cantidad y el tipo de energía utilizada en cada etapa del ciclo de vida. También es muy importante identificar las posibles pérdidas de energía en cada etapa del ciclo de vida. En términos de energía, la duración de cada etapa del ciclo de vida puede ser importante y determinante. Por ejemplo, en el caso de un aparato eléctrico o electrónico, como puede ser el caso de una cafetera, aún cuando la etapa de producción tiene un consumo alto de energía, la cafetera podría ser usada por varios años, y en consecuencia las pérdidas de energía de la etapa de uso serían mucho más significativas que las de cualquier otra etapa.  
La consideración de energía es la más importante durante la etapa de transportación del ciclo de vida, ya que al optimizar las rutas de distribución de materias primas y producto terminado, así como el peso y volumen del producto y su acomodo para transportación, se estará optimizando el consumo energético y de combustible.
- **Químicos:** Aquí se comprenden las sustancias químicas contenidas en el producto, así como los químicos secundarios utilizados a lo largo del ciclo de vida (Que incluye químicos utilizados para el mantenimiento, limpieza, etc.). Se deben identificar cuáles de esos químicos son peligrosos o tóxicos a la

salud y al ambiente. También debe identificarse cuáles de las sustancias químicas identificadas están reguladas o restringidas en el mercado al cual va destinado el producto. Al ser tan sutil la diferencia entre los impactos considerados en la categoría de químicos y la categoría de materiales – dicha diferencia radica en que la categoría de materiales está más enfocada en términos ambientales y la categoría de químicos en impactos a la salud – ambas categorías de impacto suelen agruparse en una sola.

- Otros: En esta categoría se suelen clasificar otros impactos no englobados en las categorías anteriores, como pueden ser ruidos, olores, condiciones de trabajo, de higiene industrial, etc.

Como puede observarse la elaboración de un Análisis Simplificado de Ciclo de Vida, como lo es el caso de la matriz MECO, resulta más compleja que las otras herramientas para llevar a cabo el Estudio de Ciclo de Vida, pero no lo resulta tanto como el realizar un Análisis de Ciclo de Vida detallado.

Una vez terminada la etapa de Estudio o Evaluación de Ciclo de Vida – tan compleja o tan sencilla como la compañía haya decidido llevarla a cabo en base a sus recursos y al objetivo del estudio – se procederá a tomar las decisiones que resulten convenientes para la compañía.

### ***3. Alternativas / Toma de Decisiones***

La utilización de un proceso de ciclo de vida orientado a la toma de decisiones sólo tiene sentido si hay decisiones reales. Las alternativas pueden ser obvias o la firma puede necesitar identificar y crear opciones innovadoras para luego elegir entre ellas. Por ejemplo, las alternativas pueden ir desde opciones de compra o manejo de residuos a opciones de sustitución de productos, alternativas de diseño u opciones específicas para rediseñar procesos y sistemas.

Evidentemente las decisiones a las que llegará una firma después de haber concluido la GICV estarán estrechamente ligadas con el objetivo y alcance de la misma. Retomando los ejemplos de la sección 3.3.1 de este capítulo (Definición de Límites y Alcances de la

GICV), la decisión a la cual podría llegar la compañía podría ser el sustituir algún material del producto que estuviera causando problemas de toxicidad en el usuario del producto, o la selección del lugar de manufactura más adecuado de un producto en base a la optimización de la etapa de transporte y manufactura del mismo, etc.

Las decisiones también podrían ir en el sentido de tomar ventaja de las características de un producto nuevo que transfiere un menor nivel de riesgo o impacto ambiental, de salud o seguridad a los clientes y comunicar estas características a los clientes para diferenciar el producto de la competencia. Como ejemplo podemos citar un proceso de adhesión en una planta armadora, utilizando un adhesivo con una alta cantidad de solvente. Después de haber conducido una GICV, la compañía proveedora del adhesivo logró obtener una formulación del mismo en la cual ya no se utilizaba el solvente. Como consecuencia la planta armadora requirió de controles menos estrictos en su proceso (Ej. Ventilación Local, Equipo de Protección Personal, etc.) y sus operaciones resultaron más seguras para sus trabajadores, disminuyendo con esto las primas de riesgo.

La compañía proveedora del adhesivo, además de haber utilizado la GICV para hacer la reformulación de su producto y encontrar una solución de formulación menos problemática, podrá utilizar la misma GICV para sustentar la diferenciación de su producto en el mercado y lanzar una campaña de comunicación sobre las ventajas que presenta su producto contra los productos de la competencia.

Como se puede ver, la incorporación del concepto de ciclo de vida físico de los productos en el desarrollo de los mismos puede ser menos compleja por medio de la Gestión Integral de Ciclo de Vida y al ser una metodología que está íntimamente ligada con los procesos empresariales, las ventajas que obtienen las compañías que la aplican pueden ser más significativas que las compañías que siguen el Análisis de Ciclo de Vida.

Es importante mencionar que la Gestión Integral de Ciclo de Vida puede ser tan simple o tan compleja como la compañía lo decida, y que en función de dicha complejidad, será la precisión de sus resultados y el sustento en término de impactos que se tenga para la toma de decisiones.

Las decisiones que se basan en consideraciones demasiado limitadas (por ejemplo, centrándose únicamente en el reciclaje), están condenadas a fracasar. Por otro lado, las decisiones que intentan abarcar un espectro de consecuencias demasiado amplio (por ejemplo, salud mundial, bienestar social) están condenadas a encenagarse en la incertidumbre y la confusión.

En el siguiente capítulo se presentan algunos casos de estudio de empresas que han adoptado el Ciclo de Vida de Productos como parte del desarrollo del mismo, y en el capítulo 6 se desarrollará una discusión de las ventajas que presenta el utilizar la Gestión Integral de Ciclo de Vida como una herramienta estratégica para el desarrollo de nuevos productos.

Después de haber presentado la forma de incorporar el ciclo de vida en el desarrollo de productos a través del Análisis de Ciclo de Vida y la Gestión Integral de Ciclo de Vida, en este capítulo se presentarán dos estudios de caso de compañías que han decidido utilizar estas herramientas como parte de su estrategia de desarrollo y comercialización de nuevos productos y con la intención de cumplir su compromiso con el desarrollo sustentable.

### **I. 3M Innovation: Incorporación de la Gestión Integral de Ciclo de Vida a través de su Iniciativa “Life Cycle Management” (LCM)**

#### **1. Acerca de 3M**

3M México encamina su esfuerzo hacia un servicio óptimo en todas sus áreas de actividad e influencia. Está comprometida con sus empleados, proveedores, clientes, con la sociedad, con el país y por supuesto con el medio ambiente.

A lo largo de su historia 3M México se ha comprometido a ofrecer lo requerido para satisfacer cualquier necesidad, ya sea que se trate de desarrollar un producto nuevo que facilite y mejore los procesos de producción, ya sea simplificar la vida en la oficina; hacer más grata la vida en el hogar; apoyar la ciencia y la tecnología; cuidar la salud, o bien, proveer de mejores herramientas para la creación de imágenes gráficas.

3M México ofrece soluciones a los siguientes mercados:

- Industria
- Productos Eléctricos y para Manufactura Eléctrica
- Oficina
- Consumo

- Cuidado de la Salud
- Industria Gráfica
- Productos para la Seguridad
- Industria del Transporte
- Telecomunicaciones

## **2. Visión: Valores Corporativos y Sustentabilidad**

Las políticas y prácticas de sustentabilidad de 3M están directamente relacionadas a los cuatro valores corporativos fundamentales de la compañía<sup>22</sup>:

- Satisfacer a sus clientes con calidad y valor superior
- Proporcionar a los inversionistas un retorno atractivo a través de un crecimiento sostenido y de alta calidad
- Respetar el entorno físico y social
- Ser una compañía a la cual sus empleados estén orgullosos de pertenecer

## **3. Estrategias y Políticas de Sustentabilidad**

Las estrategias de 3M para la sustentabilidad están orientadas en la búsqueda de la satisfacción del cliente y el éxito comercial dentro de un marco de valores económicos, sociales y ambientales. Las estrategias seguidas en 3M son las siguientes:

Cumplir con las expectativas de 3M y de la sociedad para mejorar el ambiente:

- Utilizando los **Sistemas de Administración de Salud, Seguridad y Medio Ambiente** para ayudar a la compañía y a las unidades de negocio a identificar los principales problemas y las soluciones a largo plazo.
- Utilizando la **Gestión Integral de Ciclo de Vida (Life Cycle Management)** para mejorar el impacto al ambiente, salud y seguridad de sus productos y procesos.

---

<sup>22</sup> 3M Company, Enero de 2005, de [www.3m.com](http://www.3m.com)

- Siguiendo el programa 3P's (Pollution Prevention Pay) a través del desarrollo de nuevas tecnologías y productos.
- Estableciendo objetivos ambientales agresivos y alcanzándolos.

El Programa de "Life Cycle Management" (LCM) en 3M es soportado por una política corporativa que a continuación se presenta:

### **Introducción**

*Uno de los valores fundamentales de 3M es respetar nuestro medio ambiente social y físico. Para contribuir al progreso hacia nuestra meta a largo plazo de desarrollo sustentable, 3M está comprometido a mejorar de forma continua el desempeño ambiental, de salud y seguridad de nuestros productos y procesos de forma que sigamos cumpliendo las expectativas de nuestros clientes y respetemos la habilidad de futuras generaciones de cubrir sus propias necesidades.*

*El objetivo de la política de "Life Cycle Management" en 3M es asegurar que se integren las consideraciones de salud, seguridad y medio ambiente en el diseño, manufactura, uso y disposición de nuestros productos.*

### **Declaración de la Política**

*Los nuevos productos deben cubrir un estudio de "Life Cycle Management" antes de ser comercializados.*

### **Estrategias**

*Para los productos existentes, las unidades de negocio llevarán a cabo revisiones de LCM en base a prioridades.*

- *La revisión de LCM de los impactos de salud, seguridad y medio ambiente en los que pudiera incurrir el producto en las distintas etapas de su ciclo de vida, deberán ser comunicadas con los expertos del grupo corporativo de Salud, Seguridad y Medio Ambiente para recibir orientación.*

- *Se debe dar prioridad a los productos nuevos o existentes que incorporen "materiales o sustancias de interés público" (Se considera "materiales o sustancias de interés público" a aquellas que por sus propiedades - toxicidad, persistencia, acumulación en organismos vivos, etc. – presentan riesgos a la salud o al ambiente si no son manejados de forma adecuada y también a aquellos materiales que son foco de atención pública, aún cuando no haya suficiente evidencia científica sobre sus posibles riesgos).*
- *Los planes de manejo de riesgo provenientes del proceso de implementación de LCM, deberán incluir revisiones periódicas para evaluar las prácticas y cambios significativos que pudieran afectar los impactos del ciclo de vida. Tales cambios incluyen variaciones en la composición del producto, operaciones de manufactura, uso o aplicación del producto, ubicación del lugar de manufactura o comercialización del producto, y nueva información sobre toxicidad.*

#### **4. Programa de Life Cycle Management en 3M México**

Con aproximadamente 500 productos desarrollados cada año, 3M tiene un flujo continuo de oportunidades para contribuir de forma significativa en el progreso en materia de salud, seguridad y medio ambiente. El Programa de "Life Cycle Management" (LCM) es parte formal del proceso de desarrollo de nuevos productos en todas sus subsidiarias en el mundo.

El Área de Toxicología de 3M México tiene la responsabilidad de coordinar el programa de "Gestión Integral de Ciclo de Vida" (LCM) para todos los productos desarrollados localmente por la subsidiaria. Esto abarca tanto los productos originados en el laboratorio de desarrollo, como los productos de manufactura externa (Outsourcing) que se vendan bajo la Marca 3M.



Sin embargo, para el desarrollo exitoso del programa también se requiere de la participación de las siguientes áreas:

- Mercadotecnia
- Desarrollo
- Compras/Ingeniería de Empaque
- Servicio técnico
- Seguridad, Higiene y Medio Ambiente (EHS)

¿Cuál es el rol de mercadotecnia?

En la reunión para el ejercicio de LCM, mercadotecnia ayuda a describir el tipo de mercado al que está dirigido el producto, así como a identificar si hay alguna característica de Seguridad, Higiene o Medio Ambiente que dé una ventaja competitiva a 3M contra los productos de la competencia. La idea es integrar estas ventajas a la estrategia de comercialización del producto.

¿Cuál es el rol de Desarrollo?

El ingeniero de desarrollo busca crear un producto que tenga un alto desempeño al costo adecuado, por lo que su función en el ejercicio de LCM es considerar todos los impactos de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente implícitos a lo largo del ciclo de vida del producto, así como seguir los planes de acción que surjan como resultado del LCM.

¿Cuál es el rol de Compras/Ingeniería de Empaque?

El departamento de compras tiene la importante labor de buscar proveedores que puedan fabricar algún producto diseñado por 3M, o bien, diseñado por el proveedor y que 3M desea comercializar bajo su marca. Su función en el ejercicio de LCM es mediar entre el proveedor y las áreas de Toxicología, Servicio Técnico y EHS para conseguir la información técnica necesaria para el ejercicio. 3M tiene como política que cualquier producto de manufactura externa debe cumplir con los mismos estándares de EHS que un producto fabricado en nuestras instalaciones.

Por su parte, el grupo de empaque ayuda a minimizar el uso de materiales de empaque que se conviertan en residuos inaprovechables tanto por 3M como por el cliente, sin arriesgar la integridad del producto. En el caso de materiales peligrosos también debe considerar el cumplimiento de las regulaciones locales y del país de origen en lo referente al empaque y etiquetado del material.

¿Cuál es el rol de EHS?

3M México tiene un sólido departamento de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente que atiende las instalaciones y los procesos de manufactura. Su rol en un ejercicio de LCM es apoyar con la identificación de riesgos a la salud y al medio ambiente en todas las etapas del producto analizadas, las cuales son:

- Análisis de Materias Primas
- Actividades de Investigación y Desarrollo
- Proceso de manufactura
- Empaque y Distribución
- Uso del producto por el cliente
- Disposición final del producto

¿Cuál es el rol de Servicio Técnico?

Si bien mercadotecnia conoce las necesidades del cliente, es el grupo de servicio técnico de 3M quien mejor conoce sus procesos y sus problemas. Por esto, son ellos quienes pueden ayudar a identificar cómo preferiría usar el cliente el producto, en qué presentaciones, e incluso cuáles son los malos usos que el cliente podría dar a los productos 3M poniendo en riesgo su salud.

Junto con las áreas de EHS, los ingenieros de servicio técnico apoyan en la minimización de cualquier riesgo que los productos puedan generar una vez operando en el proceso del cliente, y esto debe ser finalmente incorporado al diseño de un producto más seguro, práctico y amigable.

¿Cuál es el rol de Toxicología?

Además de coordinar a las otras áreas para la realización de los ejercicios de LCM, el área de Toxicología:

- Evalúa las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de las materias primas utilizadas en la fabricación del nuevo producto y se asegura de que no representen riesgos incontrolables para el usuario final y el medio ambiente
- Promueve el uso de materiales reciclables y poco contaminantes
- Prepara la Hoja de Seguridad del nuevo producto o coordina el etiquetado precautorio de acuerdo a las recomendaciones resultantes del LCM
- Conoce las regulaciones aplicables al producto y las comunica a la unidad de negocio con la finalidad de que todas sean cumplidas previo al lanzamiento y así evitar trasladar un problema a los clientes.

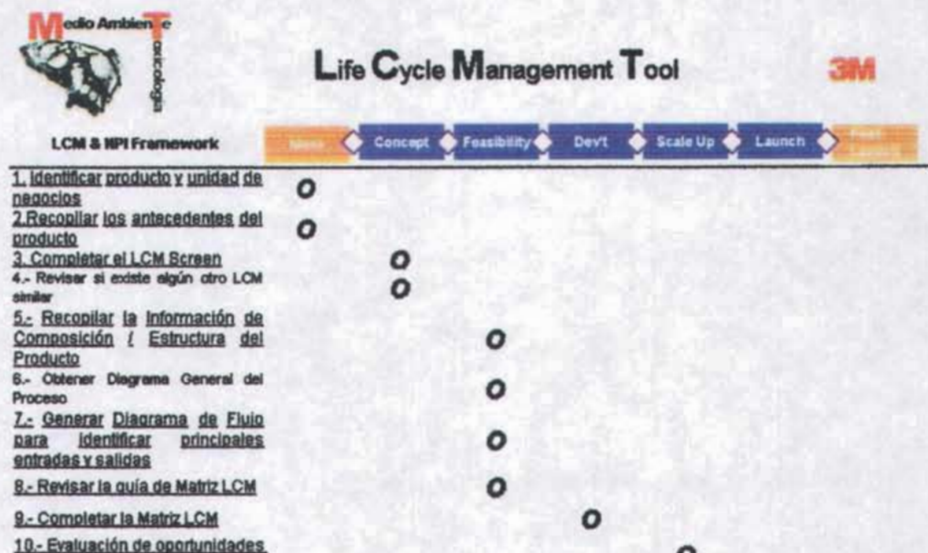


Figura 13. Herramienta para la realización del LCM en 3M México

Para soportar la realización del LCM para productos desarrollados localmente se diseñó en 3M México una herramienta electrónica que contempla los principales aspectos del ciclo de vida del producto a lo largo de las distintas fases del proceso de desarrollo. Esta

herramienta de LCM tiene la gran ventaja de no ser solamente un procedimiento guía, sino también es el lugar donde se almacena toda la información y los resultados del ejercicio, funcionando así como un sistema efectivo de comunicación de resultados a otros empleados.

Durante las etapas en las que el nuevo producto está en etapa de idea y concepto, se empieza a recopilar información general sobre el producto, el mercado al cual estará dirigido, se realiza una evaluación preliminar de impactos, un análisis regulatorio, se va estructurando la información sobre posibles materiales a utilizar, se consigue la composición y hoja de seguridad sobre las mismas, etc.

Es en la etapa de desarrollo, en la cual se analiza de forma detallada el producto a lo largo de su ciclo de vida considerando los impactos ambientales (aire, agua, residuos), la eficiencia energética y de utilización de recursos, así como los impactos a la salud (factores físicos, químicos y biológicos) y a la seguridad (riesgos químicos, eléctricos y mecánicos). Dicho análisis se realiza a partir de la información recopilada hasta esta etapa y con la colaboración de las distintas áreas participantes en el proceso de desarrollo. En la matriz que se presenta a continuación (Figura 14) es en donde se va evaluando y documentando si el producto presenta alguna oportunidad de mejora al diseño del producto, o alguna ventaja que pudiera diferenciarlo en el mercado. Cabe mencionar que dependiendo del mercado y los clientes a los cuales va dirigido el producto, en esta etapa también se revisa si existe alguna regulación o tendencia regulatoria en cuanto a materiales restringidos; en muchas de las ocasiones los clientes han decidido no utilizar ciertas sustancias o las mismas regulaciones se los impide (Ej. Directiva de Fin de Vida de Vehículos, Restricción de Sustancias Peligrosas en Europa, etc.)

Impacto	Etapas	Antes del Cliente					Cliente	
		Adquisición de Materiales	I + D	Manufactura	Empaque	Logística	Uso, Reuso y Mantenimiento	Reciclaje, disposición final
		A	B	C	D	E	F	G
<b>Ambiental</b>								
Aire	1	-	-	-	-	-	-	-
Agua	2	-	-	-	-	-	-	-
Residuos Sólidos	3	-	-	-	-	-	-	-
<b>ENERGIA</b>	4	-	-	-	-	-	-	-
<b>USO DE RECURSOS</b>	5	-	-	-	-	-	-	-
<b>SALUD</b>								
Químico	6	-	-	-	-	-	-	-
Físico	7	-	-	-	-	-	-	-
Biológico	8	-	-	-	-	-	-	-
<b>SEGURIDAD</b>								
Químico	9	-	-	-	-	-	-	-
Eléctrico	10	-	-	-	-	-	-	-
Mecánico	11	-	-	-	-	-	-	-

**Figura 14. Matriz de Ciclo de Vida**

Finalmente es importante señalar que el proceso de evaluación de ciclo de vida de productos que aquí se presenta es un proceso estándar que puede variar en ocasiones dependiendo del nivel de análisis y comunicación requeridos. A nivel corporativo, 3M cuenta con un comité dedicado exclusivamente al desarrollo y mejora de los procesos y herramientas para la evaluación del ciclo de vida de productos, y a nivel local dichas actividades son llevadas a cabo por los departamentos de toxicología y medio ambiente de las subsidiarias.

Dentro de los resultados que 3M ha obtenido de forma global como parte de sus estrategias en materia ambiental del año 2002 al 2003, se encuentran las siguientes:

- 22% de mejoras en eficiencia energética.
- 22% de reducción de generación de residuos.
- 49% de reducción de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles.
- 47% de reducción de emisiones de Sustancias Tóxicas de acuerdo al Inventario de Sustancias Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA Toxic Release Inventory).

A continuación se presenta un ejemplo de un producto exitoso desarrollado en 3M a través de la utilización del programa de "Life Cycle Management".

### ***5. Desarrollo de Adhesivo Base Agua: Caso de éxito de la utilización de LCM en 3M***

Los fabricantes de hule espuma, muebles, asientos (para transporte) y empaque utilizan adhesivos para unir una serie de tipos de hule espuma con una variedad de materiales. Estos usuarios requieren una adhesión rápida y confiable para unir sustratos porosos a materiales porosos y no porosos.

Aunque los adhesivos base solvente funcionan bien en este tipo de aplicaciones, su inflamabilidad y los riesgos potenciales a la salud que se les asocian han ocasionado que la Administración para la Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) en los Estados Unidos de Norteamérica empezara a restringir su uso. La OSHA empezó a emitir ordenamientos para que los usuarios de este tipo de adhesivos empezaran a hacer monitoreos ambientales (En el aire) y en la salud de los trabajadores expuestos a ellos.

En el mercado existían adhesivos base agua que eran competitivos en este tipo de aplicaciones, aunque también este tipo de adhesivos compuestos con látex, contenían amoniaco, una sustancia con impactos ambientales negativos mientras que los adhesivos con dos componentes requerían de equipo complejo para su aplicación. También había una percepción en la industria de que los adhesivos base solvente tenían un mejor desempeño que aquellos base agua.

La división de adhesivos de 3M formó un grupo internacional para desarrollar un adhesivo base agua, fácil de usar que proporcionara una unión efectiva y ventajas ambientales contra los productos existentes. El grupo formado estuvo trabajando de cerca con las manufactureras líderes para tener un mejor entendimiento de sus necesidades de adhesión de hule espuma.

El equipo estuvo explorando formulaciones distintas de adhesivos que proporcionarían el mejor desempeño con ventajas ambientales. Las formulaciones base agua presentaban retos significativos técnicos y de desempeño.

Después de más de dos años de investigación y pruebas, 3M introdujo al mercado el adhesivo "Fastbond® 100", un producto completamente nuevo con tecnología nueva. El adhesivo de una parte basado en neopreno ha reemplazado a los adhesivos base solvente en varias aplicaciones.

El adhesivo "Fastbond®" base agua es un producto no inflamable que hace mucho más sencillo su manejo y almacenaje, y ha ayudado a sus usuarios a cumplir con las regulaciones en materia de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's). El adhesivo también ha ayudado a las manufactureras y fabricantes a prescindir de los equipos de monitoreo y control de calidad del aire.

El adhesivo puede ser aplicado con equipo dispensador común y permite alcanzar el volumen de producción. A diferencia de otros adhesivos base agua, el adhesivo Fastbond® permite mantener unidas las costuras y curvas en 15 segundos, lo cual permite utilizarlo para unir varios tipos de hule espuma, tela, piel, madera y plástico.

Como parte de los resultados que 3M ha obtenido con la introducción del adhesivo "Fastbond®" se encuentran:

- Después del primer año de haber introducido el adhesivo "Fastbond®" al mercado, se ha disminuido el uso de cerca de 30,000 a 40,000 galones de solvente.
- Se redujo la utilización de materiales, debido a que el adhesivo cubre una mayor superficie. Un galón del adhesivo "Fastbond®" tiene la misma cobertura que 3-4 galones de un adhesivo base solvente inflamable.
- Se ayudó a los clientes a no tener que cumplir con los requisitos de monitoreo del aire que requerían utilizando adhesivos base solvente.

## 6. Comentarios

Como se puede observar, la utilización de la Gestión Integral de Ciclo de Vida (Life Cycle Management) le permitió a 3M encontrar una solución que permitió a la firma contribuir a la disminución del impacto de sus productos por medio de una forma simplificada de análisis de ciclo de vida. Las mejoras que obtuvo 3M se dieron principalmente en tres etapas principales del ciclo de vida:

- **Manufactura:** El fabricar un adhesivo base agua implicó una operación menos riesgosa para 3M que el fabricar un adhesivo base solvente. En términos de impactos se disminuyó el impacto en la salud y seguridad de sus trabajadores.
- **Cliente / Uso:** El adhesivo ha disminuido el riesgo que implicaba el uso de un adhesivo base solvente en las operaciones del cliente en términos de salud y seguridad en su proceso, así como en términos ambientales al disminuir la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles. También se logró una mejora en el uso de recursos, ya que con un tercio de adhesivo "Fastbond®" se puede cubrir la misma superficie que se cubriría con un adhesivo base solvente.
- **Cliente / Disposición:** El no utilizar solvente en el adhesivo permitió a los clientes disminuir la cantidad de residuos peligrosos generados, lo cual ofrece un beneficio al cliente en términos ambientales y también en términos económicos por manejo de residuos.

También se puede apreciar que más allá de las ventajas en término de impactos que significó el desarrollo del adhesivo base agua por parte de 3M, también le ha permitido tener una diferenciación de su producto en base a estas ventajas, lo cual le ha permitido hacer más rentable la inversión hecha en el desarrollo del producto y tener las regulaciones o requerimientos más estrictos por parte de los clientes a su favor.

Mejoras de este tipo han sido implementadas en 3M en productos de toda naturaleza, como lo son equipo eléctrico y electrónico, material de oficina, productos de limpieza, películas de seguridad, etc.



A continuación se presenta el caso de una empresa que ha tenido que valerse de la utilización del Análisis de Ciclo de Vida y de una herramienta basada en este para asegurar su permanencia en el mercado y seguir mejorando sus productos en términos de impactos.

## **II. Tetra Pak – Incorporación del Ciclo de Vida en el Diseño de Empaques<sup>23</sup>**

### **1. Acerca de Tetra Pak**

Tetra Pak se inició a principios de la década de los 50 como una de las primeras empresas proveedoras de sistemas de envasado para leche líquida . Desde entonces se ha convertido en uno de los principales abastecedores a nivel mundial de sistemas de envasado para leche, jugos de frutas y bebidas, así como para muchos otros productos.

En 1991 Tetra Pak amplió su línea hacia equipo para procesamiento de alimentos líquidos, ingeniería de plantas y equipo para la producción de quesos. Hoy en día es la única compañía internacional que puede proporcionar soluciones integradas de procesamiento, envasado, línea de distribución y planta para la fabricación de alimentos.

### **2. Misión**

“Nosotros trabajamos para y con nuestros clientes para proveer soluciones preferentes de proceso y envasado de alimentos.”

“Nosotros aplicamos nuestro compromiso hacia la innovación, nuestra comprensión de las necesidades del consumidor y nuestra relación con nuestros proveedores, para proveer estas soluciones dondequiera y cuandoquiera que los alimentos sean consumidos.”

---

<sup>23</sup> Tetrapak, Septiembre de 2004, de [www.tetrapak.com](http://www.tetrapak.com)

“Nosotros creemos en el liderazgo responsable de la industria, creando crecimiento rentable en armonía con sustentabilidad ambiental y correcta ciudadanía corporativa.”

### **3. Tetra Pak y el Medio Ambiente: Enfoque de Ciclo de Vida**

De acuerdo a la Política Corporativa de Tetra Pak sobre diseño de Producto y Manufactura: “El principal objetivo ambiental de Tetra Pak es minimizar los impactos ambientales de sus productos a lo largo de todo su ciclo de vida, haciendo un uso eficiente de recursos en el desarrollo y diseño de los mismos, en sus procesos de manufactura y en sus operaciones”.

Esto se traduce en las siguientes prácticas:

“Tetra Pak:

- Incorporará consideraciones ambientales desde el principio mismo de sus actividades de desarrollo.
- Usará el análisis de ciclo de vida de sus productos para entender los aspectos ambientales y optimizar el balance entre sus impactos ambientales y su desempeño.
- Mejorará continuamente la eficiencia de sus equipos de proceso.
- Buscará reducir el consumo de materiales en todas las operaciones; reutilizar en lugar de desechar cuando sea practicable, y promover el reciclado y el uso de materiales reciclados, cuando los criterios ambientales, técnicos y económicos así lo justifiquen.
- Diseñará eficiencia energética en sus productos, nuevos servicios e instalaciones y manejará la energía racionalmente en todas sus operaciones.
- Comercializará productos que hagan un uso eficiente de recursos, y que sean capaces de ser recuperados o dispuestos en forma segura.
- Alentará firmemente a sus proveedores a que reduzcan continuamente el impacto ambiental de sus operaciones, a través de un plan anual que incluya objetivos concretos.

- Mantendrá un ambiente de trabajo para todos sus empleados, que promueva seguridad y protección a la salud.
- Cumplirá y, cuando sea posible, excederá los requerimientos de toda legislación ambiental relevante, de sus regulaciones y sus lineamientos. Los requisitos legales serán considerados como un estándar mínimo”.

#### **4. Tetra Pak: Uso del Análisis de Ciclo de Vida para el Diseño del Envase Eficiente**



**Figura 15. Ciclo de Vida del Envase**

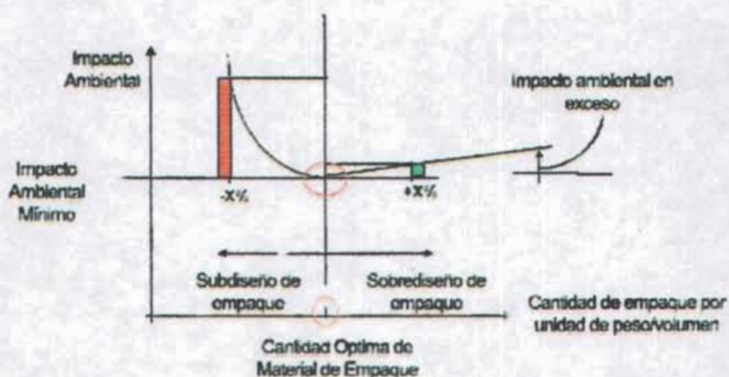
Debido al debate iniciado hace unos años sobre el impacto del empaque de alimentos, en el que han participado la industria, las autoridades y el público en general, se formuló en la Unión Europea una directiva con objetivo de reducir el impacto ambiental del empaque. Entre las compañías que han emprendido el esfuerzo de optimizar el empaque en la función que cumple y el impacto que genera se encuentran productores de materias primas, fabricantes de empaque, envasadores y transportistas. La directiva establece tres ejes principales bajo los cuales mejorar el empaque:

- Minimización del peso y volumen del empaque hasta la cantidad necesaria para garantizar la seguridad, higiene y aceptación del consumidor del producto empacado.

- Minimización de los constituyentes tóxicos o peligrosos que conforman el empaque.
- Que el empaque tenga la facilidad de ser reusado, el material pueda ser reciclado, haya recuperación de energía, o el material sea composteable.

El Instituto para el Empaque y Distribución y la Fundación PackForsk han desarrollado un modelo de optimización – conocido como modelo “PackForsk” – y dentro de las compañías que más éxito han tenido en su uso, se encuentra Tetra Pak. El modelo PackForsk está basado en el conocimiento del impacto que tiene el empaque a lo largo de las etapas de su ciclo de vida.

De acuerdo a este modelo, si la evaluación del impacto ambiental se centrara única y exclusivamente en el empaque – en vez de considerar todo el ciclo de vida – los resultados en términos ambientales podrían no ser los óptimos. Si el empaque fuera minimizado para disminuir el impacto ambiental, el resultado podría ser un incremento en el producto mermado durante su manejo, transportación o almacenaje. En consecuencia es importante considerar al empaque como un componente del sistema de distribución en conjunto y el enfoque que se debe seguir para hacer la evaluación de impactos y la optimización del ciclo de vida.



**Figura 16. Modelo “PackForsk”: El modelo compara la representación energética del producto con la del empaque**



Si se considera la energía contenida en el producto empacado, la energía del empaque y la energía contenida en los residuos (del producto empacado y del empaque), se puede demostrar que el empaque puede ser optimizado en términos de consumo de energía. Reforzar el empaque más allá de este punto óptimo no proporcionará una mayor protección al producto pero si incrementará el impacto del sistema. Por otro lado, una reducción excesiva del empaque tendrá consecuencias dramáticas en el balance global de energía, lo cual también es perjudicial en términos ambientales. Como se puede observar en la Figura 15, el subestimar la cantidad de empaque aumenta el impacto ambiental de forma exponencial, debido al alto contenido energético del producto, mientras que el sobreestimar la cantidad de empaque aumentaría el impacto ambiental de forma lineal.

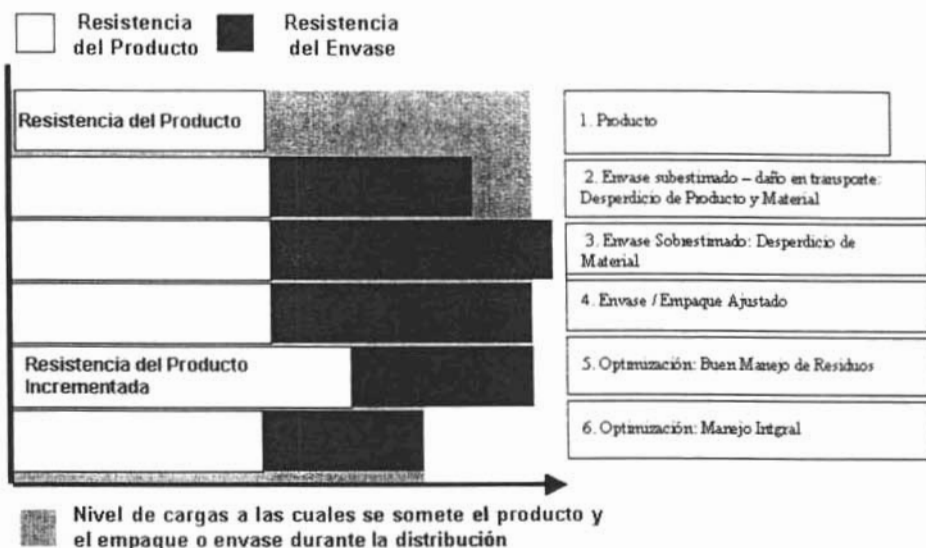


Figura 17. Representación de cargas del modelo PackForsk

En términos de cargas, el modelo "PackForsk" puede ser explicado de la siguiente forma: La mayoría de los productos muestran cierta resistencia a las cargas a las cuales son sometidos en el ambiente de distribución. En muchos casos, esta resistencia no es suficiente para soportar los niveles de carga a los cuales son sometidos los productos durante el manejo, transportación o almacenaje. En estos casos, se utiliza un empaque para adaptar la resistencia del producto al nivel de cargas al cual es sometido (Figura 17).

En el caso de Tetra Pak, por medio de la utilización del modelo "PackForsk" y del Análisis de Ciclo de Vida, se pudo determinar que la utilización del envase aséptico para leche (Tetra Brik) resultaba altamente eficiente, pero que lo sería aún más si en vez de utilizar únicamente envases de 1 litro, también se utilizaran envases de ½ litro en una proporción de 50% y 50% (50% envases de 1 litro, 50% envases de ½ litro).

Esto podría parecer incongruente si nos fijáramos exclusivamente en términos de la cantidad de empaque utilizada y de los residuos que este genera, pero al realizar el Análisis de Ciclo de Vida, encontraron que aún cuando la cantidad de empaque necesaria para envasar un kilogramo de leche era mayor cuando se envasaba el 50% en envases de ½ litro y el otro 50% en envases de 1 litro, el impacto que ocasionaba este aumento de material de empaque era menor que el impacto que ocasionaba el desperdicio de leche.

El enfoque de Ciclo de Vida de Tetra Pak no se limita a la realización de Análisis de Ciclo de Vida para optimizar sus empaques o envases en términos de energía del sistema producto-empaque. Tetra Pak tiene una serie de consideraciones a lo largo del ciclo de vida de las operaciones en las cuales se encuentra involucrada. A continuación se presenta una tabla con estas consideraciones por etapa del ciclo de vida:

Diseño	Materias Primas y Cadena de Proveedores	Operaciones Tetra Pak	Clientes, Consumidores y Sociedad	Gestión de Residuos
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso eficiente de recursos.</li> <li>- Cuidado en el uso de sustancias nocivas.</li> <li>- Gestión de Residuos.</li> <li>- Reciclabilidad.</li> <li>- Protección de los Alimentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emisión de gases con efecto invernadero.</li> <li>- Uso del Agua.</li> <li>- Uso eficiente de los recursos.</li> <li>- Cuidado en el uso de sustancias nocivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo de materias primas.</li> <li>- Consumo de energía.</li> <li>- Emisión de Sustancias reductoras de la capa de ozono.</li> <li>- Emisión de gases con efecto invernadero.</li> <li>- Gestión de los residuos.</li> <li>- Cuidado en el uso de sustancias nocivas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Residuos de producción del cliente.</li> <li>- Reconocer y cumplir las expectativas ambientales del mercado.</li> <li>- Suministrar envases seguros y ambientalmente aceptables.</li> <li>- Transparencia ambiental para permitir decisiones de compra bien informadas.</li> <li>- Proveer servicios para optimizar las operaciones del cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Liderar actividades de colección.</li> <li>- Desarrollo de instalaciones para el reciclado de cartón para bebidas.</li> <li>- Incrementar la tasa de reciclado.</li> <li>- Reducir la dependencia de los vertederos.</li> <li>- Mejorar el reciclaje de los residuos (Aluminio y Plástico).</li> </ul>

Figura 18. Consideraciones de Tetra Pak a lo largo del ciclo de vida

## 5. Comentarios

Como se puede observar, el Análisis de Ciclo de Vida se ha vuelto indispensable para las empresas dedicadas a la fabricación de sistemas de empaque y envase (Como lo es Tetra Pak). El uso del Análisis de Ciclo de Vida les ha permitido determinar la cantidad mínima de empaque que debe utilizarse para cumplir con su función principal, que es proteger al producto, pero sin ocasionar impactos ambientales no necesarios.

En el caso de Tetra Pak, el Ciclo de Vida no se reduce a la determinación de cantidad de empaque, Tetra Pak tiene una serie de objetivos claros y definidos en cada etapa del ciclo de vida que le han permitido ser el líder mundial en sistemas de envasado de alimentos, disminuir el impacto de sus operaciones a lo largo de todo el ciclo de vida y además garantizar su permanencia en el mercado anticipándose a los requerimientos regulatorios a los cuales están sujetos como proveedores de sistemas de empaque y envase (Que han aumentado de forma significativa principalmente en los países avanzados como Japón, Estados Unidos y la Unión Europea).

Es por esto que en su visión, misión, valores y políticas sostienen la sustentabilidad ambiental a lo largo del ciclo de vida en el cual impactan como organización como parte de sus estrategias corporativas, y el no hacerlo significaría poner en riesgo sus operaciones y las de sus clientes principalmente por las presiones de grupos ambientalistas y gobierno.

Habiendo presentado el complejo esquema de desarrollo de nuevos productos que se sigue actualmente en la industria, el marco metodológico bajo el cual se sustenta la Gestión Integral de Ciclo de Vida y dos enfoques distintos de aplicación en empresas de diferentes ramos, en el siguiente capítulo se discutirá y fundamentará el uso de la Gestión Integral de Ciclo de Vida como una **Herramienta Estratégica** para el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos de forma exitosa.

---

## **CAPÍTULO IV.- JUSTIFICACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE CICLO DE VIDA COMO HERRAMIENTA ESTRATÉGICA PARA EL DESARROLLO Y LANZAMIENTO DE NUEVOS PRODUCTOS**

---

En este capítulo se justifica el objetivo de esta tesis, es decir, por que conviene utilizar la Gestión Integral de Ciclo de Vida como una estrategia en el desarrollo y lanzamiento de nuevos productos, así como las ventajas que presenta actualmente sobre el no utilizarla o sobre utilizar el Análisis de Ciclo de Vida.

Para empezar con este análisis, se presenta la definición de estrategia. Bruce Henderson, fundador del prestigioso "Boston Consulting Group", definió la estrategia de una manera clásica: Todos los competidores que persisten en el tiempo tienen que mantener, por diferenciación, una ventaja singular sobre todos los demás. La esencia de la estrategia empresarial a largo plazo es el manejo de dicha diferenciación.<sup>24</sup>

En su teoría, describe la existencia de dos tendencias en la naturaleza de la estrategia: la competencia estratégica y la competencia natural.

La competencia estratégica tiene como elementos fundamentales:

- La capacidad de entender la interacción entre competidores como un sistema dinámico completo.
- La capacidad de hacer uso de este conocimiento para predecir las consecuencias de una intervención concreta.
- La disponibilidad de recursos no comprometidos que pueden dedicarse actualmente a diferentes usos y fines.

---

<sup>24</sup> **The Boston Consulting Group**, Agosto de 2004, de [www.bcg.com](http://www.bcg.com)



- La capacidad de predecir el riesgo y el rendimiento con suficiente exactitud y confianza.
- La buena disposición para actuar decididamente y comprometer esos recursos

La competencia natural tiene las siguientes características:

- Es tremendamente oportunista en las interacciones de cada momento.
- Es extremadamente conservadora en el cambio de comportamiento.
- Es evolutiva.
- Procede por tanteos, por pequeños incrementos, y con poco riesgo

Por tanto, la estrategia está íntimamente ligada con el proceso de toma de decisiones en las compañías y la aplicación de estrategias debe verse reflejada en ventajas competitivas para las organizaciones. Ahora, una herramienta estratégica es aquella que refuerza las propiedades de una estrategia es decir, la herramienta estratégica deberá proporcionar a la empresa ventajas competitivas en un marco de toma de decisiones y ayudará a soportar de manera intrínseca a las estrategias corporativas.

Bajo este enfoque, lo primero a fundamentar es la ventaja estratégica de incorporar el concepto de ciclo de vida en el proceso de desarrollo de productos y después discutir porqué es la gestión de ciclo de vida la herramienta que mejor soporte le da.

## **I. ¿Por qué seguir un pensamiento de ciclo de vida en el desarrollo de productos?**

El analizar un producto desde el concepto de ciclo de vida de producto permite tener un mejor entendimiento del mismo en todos los ambientes de los que formará parte, esto es: desde la extracción de sus materias primas, hasta el fin de su ciclo de vida. Esto significa haber al menos pensado en las alternativas de materiales a utilizar, distintas opciones de manufactura, distribución, uso y disposición desde la etapa de diseño, que es en la etapa en donde se podrán hacer los cambios necesarios para obtener los resultados que esperamos en todas las demás etapas.

Como se presentó en el segundo capítulo de esta tesis, el curso que sigan las etapas en el ciclo de vida del producto estarán determinadas en un 70% por las decisiones que se tomen en la etapa de diseño. Por tanto, la forma en que se puede optimizar el resto de las etapas del ciclo de vida, será estudiándolas desde que hagamos el diseño del producto.

Imaginemos que se completa la fase de diseño de un producto, pero jamás se contempló el ciclo de vida del producto:

- Al pasar a la fase del diseño del proceso de manufactura del producto nos podríamos encontrar con una serie de dificultades técnicas para adaptar los equipos con los que contamos al nuevo proceso de manufactura; el proceso de manufactura podría ocasionar una gran cantidad de emisiones y residuos y se tendrían que instalar equipos de control para cumplir con las regulaciones; el proceso podría involucrar una serie de actividades de alto riesgo para los trabajadores lo cual aumentaría la probabilidad de que ocurrieran accidentes y también se tendrían que tomar las medidas precautorias necesarias. En el mejor de los casos el proceso de manufactura todavía seguirá en la fase de diseño y al enfrentarnos a esta serie de complicaciones se contemplaría el rediseño del producto, lo cual ocasionaría gastos y trabajo adicionales.
- Habiendo superado las posibles complicaciones en el proceso de manufactura el producto podría salir al mercado, pero el no haber considerado las posibles regulaciones (presentes y futuras) que aplicarían al producto en el lugar geográfico donde se fuera a vender, podría ocasionar que el producto encontrara barreras para su comercialización. También durante la etapa de comercialización la empresa se podría encontrar con que algunos (o varios) de los clientes (principalmente aquéllos con una política clara sobre el cuidado del medio ambiente y la seguridad de sus trabajadores) optarán por la compra de productos con un menor impacto.
- El fin de vida del producto también puede ser un factor de decisión de compra para el cliente, primordialmente si el uso del producto le ocasiona al cliente la generación de residuos peligrosos u opciones costosas de disposición. Dependiendo de la normatividad, la responsabilidad y los costos generados al

fin del ciclo de vida del producto podrían corresponder al fabricante ("El que contamina paga").

Entonces, el contemplar todo el ciclo de vida del producto durante su diseño permitirá a la compañía:

- Optimizar el tiempo en que el producto salga al mercado (Time-to-Market) habiendo utilizado una menor cantidad de recursos al tomar las decisiones que impactarán en etapas posteriores en el momento pertinente.
- Contemplar las posibles barreras regulatorias a las cuales se enfrentaría el producto (Al momento de salir al mercado o tiempo después) en alguna etapa de su ciclo de vida y tomar las medidas necesarias para poder enfrentar dichas barreras de forma exitosa.
- Buscar otras fuentes de diferenciación del producto, principalmente con base en un menor impacto, lo cual ofrecerá una ventaja competitiva contra el resto de los productos y será un factor a considerar en la comercialización del mismo.

Por tanto el considerar el ciclo de vida sin duda ofrece a las compañías la posibilidad de encontrar a través de él una fuente clara de diferenciación y ventaja sobre las compañías que no lo hagan, así como el poderse anticipar a factores (Que van más allá del precio o la calidad) que pudieran obstaculizar la comercialización de los productos de la compañía.

## **II. La Gestión Integral de Ciclo de Vida como Herramienta Estratégica**

Hasta ahora se ha mostrado que la incorporación del ciclo de vida en el diseño y desarrollo de productos presenta una serie de ventajas para las compañías que lo hacen, pero ¿De qué manera conviene hacerlo?. En el segundo capítulo se presentaron dos esquemas distintos, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la Gestión Integral de Ciclo de Vida (GICV), pero ¿Cuál esquema presenta un mayor valor para las compañías?.

Gran parte del esfuerzo que se ha hecho en años recientes por estandarizar la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, ha sido con el fin de promover su uso dentro de las compañías. Muchas de las organizaciones y grupos que promueven el uso de la metodología han señalado que el uso de la misma encuentra lugar al permitir a las compañías:

- Tener más información sobre el ciclo de vida de sus productos, así como del impacto que éste tiene en el ambiente, salud y seguridad de usuarios y trabajadores.
- Encontrar nuevas estrategias de posicionamiento de productos, a partir de una diferenciación de los mismos por medio de ventajas (Menores impactos) identificadas a lo largo del ciclo de vida.
- Establecer prioridades de planeación y estrategias empresariales (Como lo puede ser la obtención de la certificación ISO14000 o ISO14040).
- Eco-Diseño de productos.

Sin embargo, hoy en días las compañías encuentran una serie de dificultades para implementar la metodología dentro de su marco de toma de decisiones. Entre las principales dificultades se encuentran:

- Un ACV completo requiere normalmente de una gran cantidad de información, tiempo y recursos. En ocasiones los ACV llegan a requerir de varios años y varios miles de dólares para ser completados.
- Los estándares ISO para su implementación son bastante complejos y utilizan un nivel de lenguaje avanzado.
- En los países en desarrollo hay escasez de experiencia local así como de expertos.
- El acceso a la información relevante para generar el inventario es muy limitado, principalmente en información sobre energía, transporte y residuos y en ocasiones no se tienen datos precisos sobre el proceso de manufactura.
- Se tienen dificultades para asignar los límites a los sistemas en análisis, y en ocasiones, para poder seguir el esquema de "De la cuna a la tumba" se requiere del involucramiento de varias organizaciones a lo largo de la cadena productiva, lo cual hace más difícil la comunicación y más imprecisa la información recopilada.

- En el mismo sentido que el punto anterior, los límites seleccionados para el análisis no corresponden con el alcance de la zona de influencia o control de la firma o el grupo que encabeza el estudio.
- El ACV como tal no garantiza la alineación de los esfuerzos invertidos en conducir el estudio con los objetivos de la empresa, ni la integración eficaz del método en la toma diaria de decisiones.
- La evaluación de impactos asociados a las descargas al medio ambiente producidas durante la fabricación, transporte, uso y desecho de los productos es problemática debido al conocimiento relativamente pobre de los complejos fenómenos físicos y químicos que determinan el destino y los efectos de las sustancias liberadas al medio ambiente<sup>25</sup>.

Es importante mencionar que existen organizaciones como la Sociedad para la Química y Toxicología Ambiental (SETAC), la Organización de las Naciones Unidas a través de su programa ambiental (UNEP), así como el Comité Técnico 207 de la Organización Internacional de Normalización (ISO) que se han enfocado en encontrar soluciones a los problemas planteados anteriormente a través del desarrollo de directrices generales para respaldar la aplicación apropiada del método de Análisis de Ciclo de Vida.

Ante la problemática presentada resulta poco sensato el recomendar el uso del ACV para apoyar el proceso de toma de decisiones en las compañías (principalmente en el desarrollo de productos) y lo resulta aún más considerando que la mayor parte de las compañías en México son pequeñas y medianas empresas que con esfuerzos considerables llegan a concretar el desarrollo de productos, ya que el enfrentarse a las dificultades que la metodología presenta actualmente podría desanimar el seguimiento de prácticas de eco-diseño. Tampoco sería adecuado el pasar por inadvertidas las prácticas de eco-diseño, sobre todo cuando se tiene en mente que gran parte de la huella ambiental que un producto deja a lo largo de su ciclo de vida se determina en la fase de diseño del mismo y que el no tomar en cuenta las consideraciones ambientales, de salud y seguridad podría ocasionar que un producto se enfrentara de forma menos exitosa a barreras regulatorias y de consumo, encontrando con esto un camino más difícil para su

---

<sup>25</sup> Fiskel, 1997

comercialización y poniendo en riesgo la rentabilidad de la inversión hecha en el desarrollo del producto.

Ante esto, muchas compañías han encontrado útil el adoptar el uso de métodos "simplificados" para incorporar en el diseño de producto las consideraciones de eco-diseño y ciclo de vida de productos y servicios. Naturalmente estos métodos presentan ventajas obvias sobre el ACV en el sentido de que son más fáciles de aplicar, requieren una menor cantidad de información, requieren una menor cantidad de recursos y brindan un enfoque más práctico para apoyar la toma de decisiones en las compañías.

Estos programas cubren el concepto de ciclo de vida en el diseño de nuevos productos pero se diferencian del ACV fundamentalmente por dos principios:

1. Permiten la utilización de métodos simplificados para la evaluación de impactos a lo largo del ciclo de vida, como pueden ser matrices, listas de verificación, etc.
2. Expresamente buscan su alineación con los objetivos y decisiones a tomar por la firma que encabeza el estudio.

Tal es el caso de la Gestión Integral de Ciclo de Vida (GICV) que se presentó en el tercer capítulo de este trabajo. La principal ventaja de la GICV es que brinda una gran flexibilidad para ser utilizada en las compañías y que definitivamente asegura su alineación con el proceso de toma de decisiones de la compañía. La GICV puede ser tan compleja o tan sencilla como la empresa que la va a utilizar decida con base a los objetivos que busca y a los recursos con los que cuenta. Bien podría decidir la empresa utilizar el ACV como método para el Estudio de Ciclo de Vida (Una de las etapas de la GICV) cuando el objetivo que la empresa busca requiere de un fuerte sustento científico y cuando la empresa cuenta con los recursos humanos, de tiempo y de conocimiento necesarios para completar el ACV, pero también podría decidir utilizar un método sencillo de evaluación de ciclo de vida como podría ser una lista de verificación en donde los lineamientos a seguir en cada etapa del ciclo de vida podrían estar relacionados con objetivos concretos que la empresa se ha planteado, como puede ser: Utilizar una mayor cantidad de materiales reciclados, no utilizar materiales peligrosos, disminuir la cantidad de emisiones en el proceso de manufactura, atacar un problema en particular en la etapa de uso del producto, etc.

Es importante mencionar que el ACV es una herramienta muy útil desde el punto de vista científico y académico y principalmente para determinar los impactos de un producto a lo largo de su ciclo de vida (a pesar de las dificultades metodológicas que presenta actualmente), pero no está enmarcada de forma explícita en el contexto empresarial y por tanto sería difícil poder considerarla por sí sola como una herramienta estratégica. En el ACV aún cuando se tuviera un mucho mejor entendimiento del ciclo de vida del producto que está siendo analizado (y sus impactos), no se tendría claro como afectarían los resultados del análisis a las decisiones que en un momento dado tendría que tomar la compañía. Sin embargo para las empresas que contaran con los recursos y tuvieran la necesidad de utilizar el ACV para analizar el impacto de sus productos a lo largo del ciclo de vida, una buena opción es utilizarlo no como "la herramienta" sino como parte de una herramienta con un enfoque más amplio y que garantizara la adecuación a la dinámica de toma de decisiones en la empresa como lo es la Gestión Integral de Ciclo de Vida.

En el caso de estudio de Tetra Pak que se presentó en el cuarto capítulo, Tetra Pak decidió utilizar el ACV para demostrar con sustento científico que el no utilizar un empaque o envase adecuado para los productos podría tener un mayor impacto ambiental que aquel asociado con el empaque por sí solo. Sin embargo Tetra Pak utiliza el ACV como la herramienta para entender el impacto de su producto a lo largo del ciclo de vida pero la utiliza como parte de una herramienta con un enfoque más amplio que es la GICV. Esto le ha permitido a Tetra Pak sacar el mayor provecho al esfuerzo que hace en utilizar el ACV al delimitarlo a una serie de objetivos muy particulares que están alineados con la visión, misión, políticas y estrategias de la compañía. Por ejemplo, a partir del ACV, Tetra Pak determina cuál es la cantidad de material óptima a utilizar para empacar o envasar un producto. Esto lo hace encontrando el punto mínimo en una curva de impacto ambiental contra cantidad de empaque, en otras palabras determinan cuál es la cantidad de material de empaque que genera el mínimo impacto ambiental durante el ciclo de vida del sistema producto-envase o producto-empaque. Curiosamente (o quizá no tanto) esta cantidad de material de empaque también coincide con el punto donde se minimizan los costos asociados al sistema producto-empaque o envase a lo largo de su ciclo de vida.

Entonces la decisión que tendría que ser soportada por el estudio de ciclo de vida (a través del ACV) es la de determinar la cantidad de material a utilizar para empaquetar o envasar cierto producto, decisión que claramente se ve reflejada en términos de costos. Adicionalmente al ACV, Tetra Pak también contempla una serie de objetivos específicos que explora en cada etapa del ciclo de vida (similar a la lista de verificación de ciclo de vida que se presentó en el capítulo 3) entre los que se contempla la disminución en el consumo de agua, energía, sustancias peligrosas, etc.

En conclusión, el ACV es una mejor herramienta para determinar los impactos que ocasiona un producto a lo largo del ciclo de vida que los métodos simplificados de estudio de ciclo de vida, pero las empresas no necesariamente estarán en posibilidad de utilizarla e incorporarla en sus actividades de desarrollo de nuevos productos, o aún si se aventuraran a utilizarla los resultados podrían no ser los esperados.

Por otro lado, la GICV no garantiza el tener un conocimiento tan preciso de los impactos del producto a lo largo del ciclo de vida, pero a cambio la empresa se asegurará de haber revisado aquellos aspectos del ciclo de vida que podrían afectar a la organización o en los cuales la empresa podría influir a través de las decisiones que le atañen.

Dicho esto, en términos de "herramienta estratégica", la GICV es actualmente el proceso más adecuado bajo el cual las empresas pueden incorporar el pensamiento de ciclo de vida en sus actividades de desarrollo de productos. La utilización de la GICV deberá estar soportada por la alta dirección en las organizaciones en la definición de su misión, visión, políticas y procedimientos. También deberá ser la misma alta dirección de las empresas la que defina los objetivos particulares que se buscarán a través de la implantación de la GICV, así como los mecanismos particulares bajo los cuales se adoptará este enfoque de pensamiento.

Conviene volver a ubicar la GICV dentro de las prácticas de desarrollo de nuevos productos, ya que la herramienta por sí sola no podría garantizar el éxito en la comercialización de un nuevo producto.

De acuerdo a las prácticas modernas de comercialización de nuevos productos, el proceso de desarrollo de productos está compuesto por una serie de actividades o



herramientas realizadas por un grupo multifuncional de trabajo en forma sistemática y simultánea, a esta forma de trabajo se le conoce con el nombre de Ingeniería Concurrente o Diseño Integral de Productos. Dichas actividades pueden ser agrupadas en herramientas de productividad (que buscan dar valor al proceso de diseño de productos a través de conceptos como funcionalidad, calidad, confiabilidad, costo, etc.) y herramientas de responsabilidad (que dan valor al diseño de producto a través de mejoras en aspectos ambientales, de seguridad y salud ocupacional, regulatorios, etc.). La GICV se sitúa como una herramienta de responsabilidad como parte de las prácticas de Eco-Diseño.

<b>Diseño Integral de Productos</b>	Herramientas de Productividad	Calidad
		Costo
		Funcionalidad
		Confiabilidad
		Otros
	Herramientas de Responsabilidad	<b>Gestión Integral de Ciclo de Vida</b>
		Otros

**Figura 19. Gestión Integral del Ciclo de Vida dentro del Diseño Integral de Productos**

Debe quedar claro que la GICV forma parte de una serie de herramientas que soportan el proceso de desarrollo de nuevos productos, y el no utilizarla (así como el no utilizar alguna de las otras herramientas) o el utilizarla de forma aislada, podría comprometer el éxito en la comercialización del nuevo producto. Sin embargo la GICV presenta la particularidad de ser una herramienta que no ha sido ampliamente explotada en el ámbito empresarial y que empieza a ser contemplada por las compañías con objeto de diferenciar sus productos en el mercado y disminuir el impacto de sus operaciones.

---

## **CAPÍTULO V.- SITUACIÓN DEL MERCADO NACIONAL PARA INCORPORAR CONSIDERACIONES DE CICLO DE VIDA EN ACTIVIDADES DE DISEÑO DE PRODUCTOS**

---

Con la discusión presentada hasta ahora parecen claras las ventajas que tendrían las compañías que incorporaran prácticas de ciclo de vida en sus actividades de diseño de productos, y más aún considerando las limitaciones a las que actualmente se enfrenta una metodología compleja como lo es el Análisis de Ciclo de Vida, también son evidentes las ventajas que presenta el seguir metodologías más sencillas y más adecuadas a los procesos de toma de decisiones en las empresas, como lo es la Gestión Integral de Ciclo de Vida, sin embargo, no hay que perder de vista que más allá de la intención que las empresas tengan de contribuir al desarrollo sustentable, deben haber factores externos (factores de mercado y regulatorios) que impulsen el uso de prácticas de ciclo de vida en el diseño de productos.

Pensando en mercados más desarrollados desde el punto de vista económico y regulatorio, como lo son el mercado europeo, el mercado japonés o el mercado estadounidense, dichos factores externos serían más evidentes, pero ¿Cuál es la situación del mercado en México?, ¿Existen realmente esas reglas de mercado o factores externos que impulsen la utilización de prácticas de ciclo de vida o eco-diseño en el desarrollo de productos?, y más aún considerando que la mayoría de las empresas en México son empresas micro, pequeñas y medianas que enfrentan condiciones económicas y tecnológicas más complicadas que en otros países.

Ciertamente hacen falta regulaciones que impulsen el consumo sustentable o responsable, todavía no existe un sistema de certificación para “productos verdes” o “productos ambientalmente preferibles” y en varios sectores económicos el desarrollo sustentable todavía no toma mucha importancia. Sin embargo, esto no significa que en México no existan oportunidades para las empresas que han decidido operar de forma sustentable. Poco a poco van tomando forma las reglas de mercado que incorporan

factores de sustentabilidad y serán aquellas empresas con una mayor visión las que tomen ventaja de esta situación. A continuación se presentan dos ejemplos de mercados en los cuales existe una oportunidad clara y una ventaja para las compañías que tomen la responsabilidad de sus productos a través de prácticas de eco-diseño o ciclo de vida.

## I. Mercado de Ventas a Gobierno<sup>26</sup> (Materiales de Oficina)

La especial importancia de los Sistemas de Manejo Ambiental, aplicados a las operaciones gubernamentales cotidianas, radica en que los gobiernos constituyen uno de los más importantes usuarios de bienes y servicios en la mayoría de los países del mundo y en consecuencia determinan importantes factores de influencia en el comportamiento de los mercados. En México, por ejemplo, las adquisiciones gubernamentales de bienes y servicios equivalen a más del 5 por ciento del PIB (Producto Interno Bruto) anual<sup>27</sup>.

La mayor parte de los gobiernos del mundo han venido desarrollando políticas públicas y renovados marcos legales para proteger al medio ambiente y promover el uso durable de los recursos naturales renovables y, si bien estas políticas y legislaciones son obligatorias para todos los ciudadanos, personas físicas y morales, han llegado a un punto en que resulta claro que las entidades gubernamentales no pueden hacer menos que cumplir estrictamente con la ley en lo que a normatividad ambiental se refiere. Los gobiernos deben predicar con el ejemplo; es decir, para lograr progresos significativos en el cumplimiento de la normatividad vigente para la protección ambiental, es indispensable que todos los poderes públicos condicionen sus operaciones cotidianas de acuerdo a dicha normatividad.

En México, debido a factores normativos y compromisos internacionales, es como se empezaron a modificar las operaciones de las instancias gubernamentales a través de

---

<sup>26</sup> Meléndez Luz, (2004) "**Manual para un consumo de recursos ambientalmente responsable**", Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Secretaría del Medio Ambiente, México.

<sup>27</sup> Meléndez Luz, (2004) "**Sistemas de Manejo Ambiental: Influir en los mercados y predicar con el ejemplo**", Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Secretaría del Medio Ambiente, México.

Sistemas de Manejo Ambiental. Los Sistemas de Manejo Ambiental se iniciaron en México en 1997, cuando la entonces SEMARNAP – a través de su Unidad Coordinadora de Análisis Económico y Social (UCAES) y posteriormente a través de la Subsecretaría de Planeación – empezó a hacer compatibles las formas de operación cotidiana de la institución con sus políticas públicas para el cuidado del medio ambiente. Antes de explicar en que consisten dichos Sistemas de Manejo Ambiental, revisemos algunos de estos factores normativos y compromisos internacionales.

### ***1. Justificación Normativa y Programática***

#### **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección del Ambiente**

En su artículo 17 bis establece:

“La Administración Pública Federal, el Poder Legislativo Federal y el Poder Judicial de la Federación, expedirán los manuales de sistema de manejo ambiental, que tendrán por objeto la **optimización de los recursos materiales** que se emplean para el desarrollo de sus actividades, con el fin de reducir costos financieros y ambientales.”

#### **Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público**

En su artículo 27 establece:

“Las **adquisiciones, arrendamientos y servicios se adjudicarán**, por regla general a través de licitaciones públicas, mediante convocatoria pública, para que libremente se presenten proposiciones solventes en sobre cerrado, que será abierto públicamente, a fin de asegurar al Estado las mejores condiciones en cuanto a precio, calidad, financiamiento, oportunidad, **eficiencia energético, el uso responsable del agua** y demás circunstancias pertinentes.”

#### **Programa de Desarrollo Sustentable (PDS) del gobierno federal**

Este programa incorpora a 16 Secretarías, 4 empresas públicas y otras 11 dependencias públicas federales, 31 dependencias en total que han suscrito compromisos transversales de la Administración Pública Federal con la SEMARNAT. Todos ellos incluyen Sistemas de Manejo Ambiental y, en ellos, compras verdes.

## **2. *Compromisos Internacionales***

### **Comisión de Cooperación Ambiental para América del Norte**

En el contexto de la CCA se desarrolla la **Iniciativa para Compras Verdes de América del Norte** (ICVAN, o NAGPI en inglés). El mayor desarrollo relativo de este instrumento en Canadá y Estados Unidos constituye un elemento de presión para que la Administración Pública Federal establezca pronto sus *Programas de Consumo Responsable de Materiales de Oficina* por lo que SEMARNAT debe hacer extensivo (a otras dependencias) su Programa de Administración Sustentable (PAS).

### **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos**

La OCDE ha emitido dos recomendaciones al respecto: una para **mejorar el desempeño ambiental gubernamental** (febrero 1996) y otra para **mejorar el desempeño ambiental de las adquisiciones públicas** (enero 2002). En lo fundamental, estos instrumentos vinculantes buscan promover en los países miembros el desarrollo y aplicación de estrategias para integrar consideraciones ambientales en todas las facetas de las operaciones gubernamentales y sus estructuras; en particular, el establecimiento de programas, objetivos y metas para *optimizar el uso de energía, de agua y de materiales en las operaciones cotidianas*.

Además el Grupo de Políticas Ambientales Nacionales (WPNEP: Working Party on National Environmental Policy), del área ambiental de la OCDE, está estudiando actualmente las estrategias que permitan hacer extensivo en el sector privado el establecimiento de Sistemas de Manejo Ambiental. Es posible que para 2006 haya lugar a alguna recomendación de la OCDE a este respecto.

### **3. Sistemas de Manejo Ambiental (SMA) en la Administración Pública Federal y Compras Verdes**

La SEMARNAT es la dependencia responsable de promover la formulación y establecimiento de los SMA en la Administración Pública Federal. A partir de junio de 2003, los SMA son obligatorios por ley para todas las dependencias federales de los tres poderes de la unión. El diseño mexicano para los SMA incluye tres subprogramas:

- a) Consumo sustentable (adquisiciones, uso y disposición final de materiales de oficina), a cargo de SEMARNAT
- b) Uso eficiente y racional del agua, a cargo del IMTA
- c) Ahorro de energía, a cargo de la CONAE

El subprograma de consumo sustentable es el programa con el cual SEMARNAT inició el SMA internamente y el que continúa llevando a cabo la Oficialía Mayor, bajo la denominación de PAS (Programa de Administración Sustentable). El subprograma de consumo sustentable consta de cuatro estrategias:

- a) Estrategia de consumo responsable: Su objeto es favorecer un consumo eficiente y un uso exhaustivo de los bienes y servicios de acuerdo con las necesidades reales.
- b) Estrategia de manejo integral de residuos: Su objeto es reducir la cantidad de desechos sólidos y promover su tratamiento o reciclaje, así como su adecuada disposición final.
- c) Estrategia de compras verdes: Su objeto es adquirir productos cuyo proceso de producción implique los menores impactos ambientales y se minimicen los desechos.
- d) Estrategia de educación, capacitación y difusión: Su objeto es promover una cultura de responsabilidad ambiental dentro de la institución y lograr su transversalidad.

Un muy importante elemento de los SMA es su estrategia de *compras verdes*. Será necesario pues definir con precisión qué se entiende por producto verde. Un aspecto de este análisis consistirá en explorar cómo establecer un **"sistema de acreditación y/o**

**certificación”** que asegure la credibilidad de los productos verdes para todos los compradores.

Actualmente los lineamientos generales que sigue la SEMARNAT para definir los productos verdes son los siguientes:

- a) Que en los procesos de elaboración no se utilicen químicos tóxicos o peligrosos.
- b) Que tengan fácil descomposición o permitan su transformación en otros artículos.
- c) Insumos reciclados, reciclables o biodegradables (papel con 20% reciclado).
- d) Artículos de limpieza biodegradables, que no contengan fosfatos ni tensoactivos y no impacten la capa de ozono.
- e) Que no contengan empaques excesivos, preferentemente productos a granel.
- f) Evitar utilizar productos en aerosol que contengan clorofluorocarbonos, como pegamentos, insecticidas, aromatizantes.
- g) Sustituir los aromatizantes químicos por los orgánicos.
- h) Adquirir preferentemente artículos de manufactura local.

Como ejemplos de los materiales de oficina que caerían dentro de la categoría de productos verdes, de acuerdo a los criterios seguidos en SEMARNAT, se encuentran los siguientes: marca textos no fluorescente a base de agua, a granel, sin empaque; cintas adhesivas a granel, sin subempaque, con base de cartón; cuadernos sin recubrimiento plastificado con papel reciclado y reciclable; etc.

Como se puede observar, existe una clara oportunidad inicialmente para aquellas compañías que se dedican a la comercialización de materiales de oficina y posteriormente para todos aquellos que realicen ventas a gobierno para empezar a explorar tecnologías y especificaciones de productos con ventajas en los criterios señalados anteriormente. Cabe mencionar que en este año la SEMARNAT planea utilizar la estrategia de compras verdes gubernamentales, con la Secretaría de Economía, como instrumento de apoyo al desarrollo de Micro, Pequeñas y Medianas Empresas que ofrezcan productos verdes. En tanto entra en vigor en México el sistema de certificación y/o acreditación de productos

verdes, las empresas nacionales podrían optar por certificar sus productos bajo estándares internacionales con laboratorios y organismos de certificación extranjeros. También es importante mencionar que las empresas que ofrezcan más pronto alternativas “verdes” de materiales de oficina podrán influir en las especificaciones que la misma secretaría establezca y asegurar que sus productos sean incluidos en los catálogos.

No cabe duda de que el impulso por parte del gobierno será el detonante para la incorporación de criterios ambientales en adquisiciones, obviamente en el sector público pero también en el sector privado. Sin embargo, hay sectores económicos que han adoptado regulaciones de forma voluntaria, en ocasiones para cumplir con normatividad principalmente de las autoridades europeas, pero que han modificado sus sistemas de operación y adquisiciones en todas las locaciones en donde llevan a cabo sus operaciones. Tal es el caso de la Industria Automotriz que a continuación se presenta.

## **II. Mercado de la Industria Automotriz**

La industria automotriz es una de las industrias más complejas y con mayor importancia a nivel global por lo que no es casualidad que los fabricantes de automóviles ocupen los primeros lugares dentro de las corporaciones más grandes de la urbe. Tal situación no ocurre de manera distinta en nuestro país: A lo largo de nuestro territorio se encuentran localizados siete de los principales fabricantes tanto de automóviles como de camiones, como lo son Daimler Chrysler, Ford Motor, General Motors, Honda, Nissan, Renault y Volkswagen.

Del total de autos y camiones manufacturados en nuestro país, más de un millón de unidades al año son exportadas a los principales mercados del mundo como lo son Norteamérica (EEUU y Canadá), Europa, Asia, Centro y Sudamérica<sup>28</sup>.

De acuerdo al Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM)<sup>29</sup> la cadena de valor de la industria automotriz está compuesta por más de 22,000 empresas distribuidas a lo

---

<sup>28</sup> **Asociación Mexicana de la Industria Automotriz**, Enero de 2005, de [www.amia.org.mx](http://www.amia.org.mx)

<sup>29</sup> **SIEM**, Enero de 2005, de [www.siem.gob.mx](http://www.siem.gob.mx)



largo de 44 eslabones de la cadena, entre los que se encuentran: fabricación de cordelería de fibras de todo tipo naturales o químicas, fabricación de productos químicos básicos inorgánicos, fabricación de colorantes y pigmentos, fabricación de resinas sintéticas y plastificantes, fabricación de hule sintético o neopreno, fabricación de fibras químicas, fabricación de adhesivos, impermeabilizantes y similares, etc.

## **1. Estructura y tendencias regulatorias de la industria automotriz**

### **Directiva Europea de fin de vida de vehículos (End of Life Vehicles Directive)**

En septiembre del 2000, la Comisión Europea redactó una directiva sobre el fin de vida de los vehículos. Dicha directiva busca asegurar la colección, reuso y recuperación de los componentes de los vehículos al final de su vida útil. Para evitar la generación de residuos que requirieran disposición, la directiva señala objetivos específicos de aumento en las cantidades de material contenido en los automóviles que debe ser reusado/reutilizado/reciclado a partir del 2005 y hasta el 2015. Para cumplir estos objetivos, los vehículos tendrán que ser diseñados y producidos empleando consideraciones de manejo de residuos.

La directiva fomenta el desarrollo del reciclaje. Varios estudios han mostrado las ventajas de reciclar sobre disposición e incineración con recuperación de energía. Por ejemplo, un estudio comparativo de reciclaje con recuperación de energía del contenido plástico de los vehículos mostró un ahorro de hasta 10 veces de energía al llevar a cabo el reciclaje. Los fabricantes de vehículos, junto con los proveedores y fabricantes de equipo, integrarán en sus productos una cantidad cada vez mayor de material reciclado con objeto de desarrollar mercados para materiales reciclados.

La directiva aplica a todos los vehículos en la Unión Europea sin importar donde hayan sido manufacturados. Los fabricantes de vehículos tienen un papel dominante debido a que son quienes toman las decisiones clave sobre el potencial de manejo de residuos en el diseño automotriz, el uso de materiales específicos y composición del producto. Los productores junto con los proveedores necesitarán controlar el uso de sustancias peligrosas desde la concepción de los nuevos vehículos. Tal control evitará la liberación

de sustancias peligrosas al ambiente, facilitará el desmantelamiento y reciclaje y evitará tener que disponer residuos peligrosos.

Con el objeto de cumplir con esta directiva, los fabricantes de automóviles desarrollaron sistemas de regulación voluntaria que obligan a sus proveedores a seguirlos. Como ejemplo podemos citar las posiciones de las distintas corporaciones sobre el uso del PVC en sus automóviles y el Sistema IMDS (International Material Data System).

### **Utilización de PVC en automóviles**

En cuanto a la utilización del PVC, aún cuando se sabe que es un material reciclable, también se sabe de los problemas que se presentan en los incineradores por la generación de ácido clorhídrico y por su bajo contenido calórico. La eliminación de ácido clorhídrico en el proceso de reciclaje se puede llevar a cabo por medio de la instalación de scrubbers costosos. Esto ha hecho que el PVC sea visto entre los fabricantes automotrices como un material no deseable para ser utilizado en automóviles, desde el punto de vista de manejo de residuos.

En 1998, Daimler Chrysler y Nissan manifestaron su intención de disminuir significativamente la cantidad de PVC en sus automóviles. En septiembre de 1999, General Motors manifestó su intención de utilizar PVC en los interiores de sus automóviles, mientras que Honda declaró su objetivo de fabricar automóviles 100% reciclables y libres de PVC para el 2010. Daimler-Benz no ha utilizado PVC en los interiores y cubiertas en los automóviles Mercedes desde 1995.

### **Sistema de Información de Materiales Internacional (International Material Data System, IMDS)<sup>30</sup>**

El IMDS es un sistema de información de materiales desarrollado en conjunto por Audi, BMW, Daimler Chrysler, Ford, Opel, Porsche, VW y Volvo, aunque después fue adoptado por otras compañías manufactureras como Fiat, GM, Hyundai, Mitsubishi, Nissan y Toyota.

---

<sup>30</sup> IMDS, Enero de 2005, de [www.mdsystem.com](http://www.mdsystem.com)

En el IMDS se mantienen y archivan todos los materiales utilizados en la manufactura de automóviles. De acuerdo a las compañías que adoptaron IMDS, el sistema es la única forma en que tanto los fabricantes de automóviles como sus proveedores podrán dar cumplimiento a las leyes, regulaciones y estándares nacionales e internacionales. El sistema facilitará el reciclaje de autos viejos en el futuro. Las compañías que utilizan el sistema tendrán un panorama detallado de los futuros autos viejos.

El sistema IMDS contempla el uso de una lista de sustancias reportables que, al ser utilizadas en materiales y componentes para la industria automotriz, son problemáticas para la salud humana, la seguridad, el ambiente o el reciclaje. En consecuencia, el uso de estas sustancias está restringido o prohibido. Estas restricciones se basan en legislaciones existentes o autorregulaciones que la misma industria ha adoptado. Las sustancias que están incluidas en el listado deberán ser siempre reportadas por los proveedores cuando el producto contenga alguna de las sustancias o pueda emitirla durante el proceso.

Los requerimientos establecidos por el sistema IMDS aplican a todos los materiales y componentes utilizados en la manufactura de automóviles y es el mismo proveedor el responsable de asegurar que cualquier material o componente suministrado a los fabricantes automotrices cumplan con la legislación y regulaciones relevantes, así como con las especificaciones o regulaciones internas de los distintos fabricantes.

Como puede apreciarse, el mercado automotriz es un mercado altamente regulado y debido al alto potencial económico de los ensambladores, los proveedores han tenido que adaptarse a sus sistemas y requerimientos. Dichos requerimientos contemplan todo tipo de proveedores, desde aquellos que fabriquen alguna autoparte, hasta aquellos que suministren cinta para adherir partes plásticas o molduras.

Sobra decir que es el ciclo de vida la herramienta que de forma intrínseca permite a los proveedores (o eslabones de la cadena de valor de la industria automotriz) asegurarse de cumplir con los requerimientos de los fabricantes automotrices, principalmente en abstenerse de usar sustancias restringidas y en consideraciones de manejo de residuos (reciclabilidad) en los componentes o materiales suministrados.

Se han identificado dos oportunidades de mercado que favorecen las consideraciones de eco-diseño en el desarrollo de productos, en el caso de ventas a gobierno con el enfoque de tomar ventaja de la comercialización de productos verdes, y en el caso del mercado automotriz con el objeto de asegurar la permanencia en el mercado.

Antes de concluir este capítulo y pasar a las conclusiones, es importante comentar que estructuras de mercado similares a la del mercado automotriz se han ido desarrollado en otros mercados, como lo son los productos eléctricos, electrónicos y electrodomésticos, por lo que las compañías que formen parte de estas cadenas de valor deberán adaptar sus productos, procesos y operaciones para poder dar respuesta a requerimientos y sistemas como los aquí presentados para el mercado automotriz

---

## CONCLUSIONES

---

La demanda cada vez mayor de satisfactores que requieren las sociedades modernas impulsan el desarrollo de actividades industriales, pero a la vez generan impactos ambientales cada vez más importantes. En el marco de las tendencias mundiales sobre desarrollo sustentable las compañías necesitan modificar sus procesos de producción y desarrollo de nuevos productos para evitar que sus operaciones sigan teniendo un impacto negativo y empiecen a ser parte de la solución y no del problema contribuyendo de forma positiva al ambiente y la salud, encontrando con esto nuevas formas de hacer negocios.

El enfoque de ciclo de vida es un elemento esencial para la implementación del desarrollo sustentable aplicado al diseño de productos, procesos de manufactura y como una herramienta para toma de decisiones y elaboración de políticas ambientales.

El ciclo de vida de un producto comienza con la extracción y procesamiento de materias primas, seguido por la manufactura, transportación y uso y termina con el manejo de los residuos, que incluye opciones como reciclaje o disposición final. Cada una de estas etapas consume energía y recursos naturales y genera un cierto número de impactos al ambiente (y en algunos casos a la salud). El enfoque de ciclo de vida permite abordar dichos impactos de forma que las empresas puedan lograr con esto:

- Entender los principales impactos asociados con el ciclo de vida de un producto.
- Comparar entre varios tipos de productos que ofrezcan el mismo servicio con objeto de tener un criterio más en el proceso de diseño de nuevos productos para llegar al mejor concepto de entre las diversas alternativas de productos.
- Poder anticiparse a las regulaciones que en un momento dado pudieran obstaculizar la comercialización del nuevo producto, principalmente regulaciones en materia ambiental y de salud, como la directiva de empaque

y residuos de empaque europea, la directiva de fin de vida de los vehículos europea, etc.

- Diferenciar el producto a partir de ventajas en cuestiones de impacto ambiental, de salud y seguridad. Ventajas que se pueden ver reflejadas como un valor agregado para el cliente (evitando que genere residuos peligrosos, o disminuyendo el riesgo de sus operaciones) o para la misma compañía.
- Minimizar los costos indirectos asociados a los impactos de un producto a lo largo de su ciclo de vida, como pueden ser costos por desperdicio de material, por sobre utilización de energía, por control de emisiones, por pago de impuestos ambientales, por manejo de residuos, así como los costos inciertos asociados a posibles responsabilidades asociadas al ciclo de vida del producto.

El enfoque de ciclo de vida, más allá de ser una estrategia para la implementación del desarrollo sustentable en sus operaciones en las empresas, permite a las organizaciones tomar ventaja de sus competidores y buscar la diferenciación al adaptar el enfoque de ciclo de vida a las actividades de desarrollo de nuevos productos.

Sin embargo, la forma en que se adapte el ciclo de vida al desarrollo de nuevos productos deberá hacerse dentro del contexto de las empresas que lo hagan, esto es, acorde a sus necesidades, posibilidades, objetivos, misión, visión, políticas, proceso de toma de decisiones, etc. La herramienta que permite a las compañías implementar el ciclo de vida en las actividades de diseño de nuevos productos adecuándose a su dinámica es la Gestión Integral de Ciclo de Vida. La Gestión Integral de Ciclo de Vida es una metodología que permite evaluar los impactos de un producto a lo largo del ciclo de vida durante la etapa de diseño del mismo con el objetivo de proporcionar información que permita a las compañías:

- Proporcionar mejores soluciones para abordar los asuntos relacionados con la salud, seguridad y medio ambiente durante el uso del producto / empaque y su disposición.
- Minimizar las barreras regulatorias, así como aquellas que los clientes pudieran tener en relación al producto o el empaque.

- Comercializar los nuevos productos de forma más eficiente y en un menor tiempo.
- Proporcionar la información necesaria sobre el producto a los clientes de manera oportuna.

Para implementar la Gestión Integral de Ciclo de Vida es importante que las empresas tengan claro:

- El objetivo o los objetivos que persiguen a través de la GICV (Ej. Determinar la cantidad de empaque que minimice la cantidad de empaque en función del impacto ambiental)
- Los recursos con los que cuenta la organización para llevar a cabo la GICV ¿Cuenta con recursos para llevar a cabo un estudio de ciclo de vida complejo, como lo es el ACV?, ¿Tiene acceso a la información que requiere para completar el ACV?, ¿Es más conveniente utilizar un método sencillo para el estudio del ACV?, etc.
- En cuanto a la toma de decisiones deberá analizarse si la información obtenida por medio de la GICV permite a la empresa tomar las decisiones que requiere y si se han cubierto los objetivos que se perseguían al decidir utilizar la GICV.
- Como tendrá que ser modificada la dinámica de trabajo en el desarrollo de nuevos productos para que pueda aceptar la incorporación de la GICV.

Sólo así la empresa podrá asegurarse de estar obteniendo el máximo provecho de la GICV adecuándose a las necesidades, recursos y objetivos de la organización. Por último es importante mencionar que la GICV no es algo estático en las empresas. **Deberá ser un proceso dinámico y en constante cambio.** Podrá empezarse con un proceso sencillo de estudio de ciclo de vida pero con miras a mejorar dicho proceso y de esta forma la empresa se irá adentrando en las prácticas de eco-diseño, empezará a ver las ventajas que presenta y a la vez irá adquiriendo experiencia para poder ir escalando en la complejidad de las estrategias a seguir para alcanzar el desarrollo sustentable.

Todavía queda en la industria el paradigma de que el cuidado ambiental no proporciona ningún beneficio manifiesto, incluso se perciben con pesadumbre las regulaciones encaminadas a la protección del entorno – principalmente cuando el cumplimiento de

dichas regulaciones implican costos no contemplados. Poco a poco se va haciendo más común entre las empresas los estudios de reducción de costos indirectos a través de programas ambientales, pero todavía son pocas las compañías que actualmente vislumbran el cuidado del ambiente como una oportunidad de mercado, que fue el principal aporte buscado con este trabajo.

Finalmente, es importante tener en mente que todos contribuimos al impacto ambiental en mayor o menor grado. Por tanto es responsabilidad de todos el tomar decisiones de una manera responsable. Podemos tomar decisiones irresponsables que causen impactos negativos en nuestro entorno y encontrar cientos de justificaciones, pero también podemos tomar conciencia y tomar decisiones que contribuyan al desarrollo social y económico de forma sustentable.



---

## BIBLIOGRAFÍA

---

### Libros

- Chase, Aquilano, Jacobs, (2000) **“Administración de Producción y Operaciones”**, McGraw-Hill, 8ª Edición, EUA
- Fiksel Joseph, (1997) **“Design for Environment. Creating Eco-Efficient Products and Processes”**, McGraw-Hill, EUA
- Stuart L Hart, (1997) **“Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World”**. Harvard Business Review, EUA

### Artículos y Manuales

- Akiyama, K., (1991) **“Function Analysis: Systematic Improvement of Quality and Performance”**, Productivity Press Inc. Cambridge MA, EUA.
- AS/NZS (1998) **“AS/NZS ISO 14040:1998 (ISO 14041:1997) Environmental Management - Life cycle assessment - Principles and Framework”**, Homebush, Standards Australia and Standards New Zealand, Australia.
- Jensen A, Hoffman L, Moller B, Schmidt A, Christiansen K, Berendsen S, Elkington J, (1997) **“Life Cycle Assessment: A guide to approaches, experiences and information sources”**, Environmental Issues Series No. 6, European Environment Agency, Unión Europea.
- Jönbrink AK, Wolf-Wats C, Erikon M, Olsson P, Wallén E, (2000) **“LCA Software Survey”**, IVL Reporte No B 1390, Swedish Environmental Research Institute, Estocolmo, Suecia.
- Lars Erlöv, Cathrine Löfgren, Anders Sörås, (2000) **“Packaging – A tool for the prevention of environmental impact”**, Reporte No. 194, Packforsk, Suiza.
- Meléndez Luz, (2004) **“Manual para un consumo de recursos ambientalmente responsable”**, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Secretaría del Medio Ambiente, México.

- Meléndez Luz, (2004), **“Sistemas de Manejo Ambiental: Influir en los mercados y predicar con el ejemplo”**, Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental, Secretaría del Medio Ambiente, México.
- Rebitzer G, Ekvall T, Frischknecht R, Hunkeler D, Norris G, Rydberg T, Schimdt W.-P, Suh S, Weidema B.P., Pennington D.W., (2003) **“Life cycle Assessment, Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis and applications”**, Journal of Environment International, 2003.11.005
- Ryan C, (1996) **“Life Cycle Analysis and Design – A productive relationship?”**, First National Conference on Life Cycle Assessment, Melbourne, Australia.
- Van Hoof B, (2002) **“Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y su aplicación”**, Organización para el Desempeño empresarial Sostenible, Colombia.

### Publicaciones Electrónicas

- Agencia Danesa de Protección Ambiental, **“Handbook on environmental assessment of products”**, Septiembre de 2004, de [http://www.mst.dk/udgiv/publications/2003/87-7972-683-6/html/b\\_kap03\\_eng.htm](http://www.mst.dk/udgiv/publications/2003/87-7972-683-6/html/b_kap03_eng.htm)
- American Psychological Association, **“Electronic References”**, Enero de 2005, de <http://www.apastyle.org/elecref.html>
- **“Concurrent Engineering”**, Agosto 2004, de <http://www.iai.csic.es/netcim/concur.htm>
- Donna C.L. Prestwood & Paul A. Schumann Jr. **“Developing Strategy”**, Glocal Vantage, Inc, Agosto de 2004, de [www.glocalvantage.com](http://www.glocalvantage.com)
- Edwin B. Dean, **“Function Analysis from the Perspective of Competitive Advantage”**, Agosto de 2004, de <http://www.qo2hill.com/ProjectManagement/FUNCTION.htm>
- Keneth Crow, **“Design for Manufacturability”**, DRM Associates, Agosto de 2004, de [www.npd-solutions.com](http://www.npd-solutions.com)
- People, Products & Strategies, **“Concurrent Engineering”**, Julio de 2004, <http://best.me.berkeley.edu/~pps/pps/concurrent.html>
- Petroquímica Cuyo, **“Desarrollo de Clientes de Especialidades”**, Enero de 2005, <http://www.ipqa.org.ar>

- Ruth Malan & Dana Bredemeyer, “**Functional Requirements and Use Cases**”, Bredemeyer Consulting, Agosto de 2004 de [http://www.bredemeyer.com/use\\_cases.htm](http://www.bredemeyer.com/use_cases.htm)
- Sustainable Design Awards, “**Whole Life Cycle Approaches**“, Agosto de 2004, de [http://www.sda-uk.org/content/toolkit/section3/section3\\_2.asp](http://www.sda-uk.org/content/toolkit/section3/section3_2.asp)

### Sitios de Internet Consultados

- **3M Company**, Enero de 2005, de [www.3m.com](http://www.3m.com)
- **Asociación Mexicana de la Industria Automotriz**, Enero de 2005, de [www.amia.org.mx](http://www.amia.org.mx)
- **Asociación Nacional de la Industria Química**, Septiembre 2004, de [www.aniq.org.mx](http://www.aniq.org.mx)
- **Comisión Nacional de la Micro y Pequeña Empresa**, Agosto de 2004, de [www.conamype.gob.sv](http://www.conamype.gob.sv)
- **DRM Associates**, Agosto de 2004, de [www.npd-solutions.com](http://www.npd-solutions.com)
- **Environmental Protection Agency**, Septiembre 2004, de [www.epa.gov](http://www.epa.gov)
- **IMDS**, Enero de 2005, de [www.mdsystem.com](http://www.mdsystem.com)
- **International Standards Organization**, Septiembre de 2004, de [www.iso.org](http://www.iso.org)
- **SEMARNAT**, Septiembre 2004, de [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)
- **SIEM**, Enero de 2005, de [www.siem.gob.mx](http://www.siem.gob.mx)
- **Tetrapak**, Septiembre de 2004, de [www.tetrapak.com](http://www.tetrapak.com)
- **The Boston Consulting Group**, Agosto de 2004, de [www.bcg.com](http://www.bcg.com)
- **The Manage Mentor**, Agosto de 2004, de [www.themanagementor.com](http://www.themanagementor.com)