

44  
2 ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DENTRO DEL  
CICLO DE VIDA DE LOS PRODUCTOS. UN NUEVO  
ENFOQUE PARA LA MINIMIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN  
AMBIENTAL

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
( AREA INDUSTRIAL )**  
P R E S E N T A :  
**ANTJE BERENICE HERNANDEZ JIMENEZ**

DIRECTOR: DR. HUMBERTO BRAVO ALVAREZ



MEXICO, D. F.

1999.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

270861



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

---

## **Agradecimientos**

Este trabajo es dedicado primeramente a la Universidad Nacional Autónoma de México, la institución que me dio la oportunidad de realizar una carrera profesional, así como a todos los profesores de la Facultad de Ingeniería quienes dedicaron su tiempo y esfuerzo para transmitirme sus conocimientos, experiencias y proporcionarme la formación de Ingeniera.

Se hace un digno reconocimiento al **Dr. Humberto Bravo** jefe del área de Contaminación Ambiental en el Centro de Ciencias de la Atmósfera quien dirigió el trabajo presente, brindándome las facilidades y el apoyo que se requirieron para la realización de esta tesis.

Con el más profundo de mis afectos, al **Mtro. Ricardo Torres Jardón**, quien me asesoró en muchos aspectos de mi carrera y en la ejecución del trabajo, además de regalarme su tiempo y paciencia para leer los borradores y sugerir las correcciones necesarias.

---

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo con todo mi amor a mis padres, **C.P. Sergio Hernández Lezama** y **Sra. Elia Jiménez de Hernández**, quienes siempre me han apoyado y estimulado para mi desarrollo profesional y personal. Por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional, por sus consejos, por transmitirme su experiencia y por darme su bendición cada día..... Gracias.

A mis dos hermanos, **Juan y Sergio** y a mi hermana **Erika**, quien en muchas noches compartió su tiempo conmigo y me dio todo su apoyo en momentos difíciles de mi carrera.

A mi esposo **Juan Carlos** que me ha dado su amor, su apoyo y que es el complemento de mi vida.

A **Mapy** por haber estado a mi lado sin falta, todas las noches de desvelo que recuerdo con mucho cariño.

---

Un reconocimiento especial al **Lic. Ramón Santoyo Vázquez** por darme la oportunidad de integrarme a la vida profesional y por ser un excelente maestro en el inicio de mi carrera profesional y al que le debo todo lo que en este periodo he aprendido....Gracias.

A todo el personal del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la sección de Contaminación Ambiental por brindarme su amistad en la elaboración del presente trabajo.

A todos mis amigos y compañeros que compartieron conmigo momentos cruciales en el transcurso de esta bella carrera y que serán por siempre mis más estimados y queridos colegas.

---

## INDICE

1. Introducción	7
2. Antecedentes	8
2.1. Contaminación ambiental	11
2.1.1. Aire	12
2.1.2. Agua	14
2.1.3. Suelo	15
2.2. Emisiones contaminantes a la atmósfera	15
2.3. Descargas de aguas residuales	16
2.4. Generación de residuos peligrosos	17
2.5. La Ingeniería Industrial y la contaminación ambiental	19
3. Marco teórico	21
3.1. Concepto del Ciclo de Vida de los Productos	21
3.2. Concepto de la Prevención de la Contaminación	27
3.3. Concepto de Sistema Productivo	30
3.4. Aplicación del Ciclo de Vida y de la Prevención de la contaminación en los Sistemas Productivos	34
3.5. Costos de la Prevención de la Contaminación	36
4. Guía para la Prevención de la Contaminación Ambiental	39
4.1. Desarrollo del programa de Prevención de la Contaminación	41
4.2. Organización del programa de Prevención de Contaminación (P.P.C.)	44
4.3. Evaluación Preliminar	45
4.4. Preparación del Programa	47
4.5. Fase de Evaluación Detallada	49
4.6. Definición de Opciones de P.C.	53
4.7. Análisis de Factibilidad	54
4.8. Redacción del Reporte de Evaluación	56
4.9. Implantación del Plan de P.C.	56
4.10. Medición del progreso de P.C.	57
4.11. Mantenimiento del P.P.C.	63
4.12. Análisis económico del proyecto de P.C.	64
4.12.1. Costos expandidos de inventario	54
4.12.2. Extensión del Horizonte del Tiempo	66
4.12.3. Asignación de los costos directos	67
4.13. Diseño de productos ambientalmente compatibles	69

---

---

4.14	Conservación de la energía y prevención de la contaminación	70
5	Hojas de trabajo para la Prevención de la Contaminación	72
6	Conclusiones y Recomendaciones	82
7	Bibliografía	85

## Introducción

La contaminación de origen industrial, implica una gran responsabilidad para las compañías y las plantas de producción respecto al ambiente que los rodea, debido a la realización de operaciones de producción que deberían de minimizar o evitar deteriorar el aire, el agua y el suelo. Es necesario que se ponga más atención en buscar la solución al problema de la contaminación ambiental sin que ello resulte una carga económica difícil de superar por la industria.

Se debe comprender la importancia de unificar una estrategia empresarial con una estrategia ambiental. Es aquí donde el Ingeniero Industrial puede y debe intervenir tomando conciencia y encarando el problema de contaminación, ya que es él quien se ocupa de la planificación, el mejoramiento y la instalación de los sistemas productivos integrados por hombres, materiales y equipo. Ya no sólo basta con que se preocupe de la eficiencia y productividad a menor costo, sino que debe comprender claramente el problema al que México se está enfrentando con el deterioro de la atmósfera, el suelo y el agua.

La pregunta más importante no es si hay que acabar o no con la contaminación, sino cómo hacerlo. En este sentido, el presente trabajo, viene a ser una contribución de ese cómo, señalando un nuevo enfoque, la prevención de la contaminación dentro del concepto del análisis del ciclo de vida de los productos y cómo los Ingenieros Industriales pueden implantar y mejorar este enfoque para incluso tener una mayor productividad, una disminución de los contaminantes, prever y evitar la imposición de multas o clausuras y proponer soluciones sobre este grave problema.

El éxito de la adopción de un nuevo enfoque que, de alguna manera ayude a la prevención de la generación de contaminantes, dependerá en gran medida de la gestión ambiental que se implante en las industrias, además de los esfuerzos aunados del público en general y del gobierno.

*Dado lo anterior, este trabajo tiene por objetivo discutir el concepto de la prevención de la contaminación dentro del ciclo de vida de los productos y establecer una metodología de prevención de la generación de contaminantes ambientales para su aplicación potencial a las operaciones de ingeniería industrial en México.*

---



---

## ANTECEDENTES

Los problemas ambientales que se presentan en México son proporcionales al incremento de la población, a la situación económica, al grado de desarrollo del País, a la forma irracional en que se explotan los recursos naturales y la falta de interés por décadas por parte de la sociedad y el gobierno. Por las características históricas que presenta México, el país sufre de una distribución desigual de la población y de los beneficios del desarrollo nacional. La contaminación ambiental en el país ha llegado a constituir un problema de gran magnitud que no sólo perjudica la salud del hombre, sino ha llegado al grado de causar daños a los recursos naturales. Con respecto al agua, 216 cuencas que representan el 77% del territorio nacional presentan alteraciones en la calidad del agua limitando el uso de esta, tanto para la fauna como para la población.

La contaminación del aire es bastante crítica ya que en muchas ocasiones se rebasan los estándares de contaminación. Por ejemplo, en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se concentran 30 mil establecimientos industriales aproximadamente, donde 4,000 son calderas de panaderías, baños y hospitales, existen una gran cantidad de hornos de ladrillo y más de un millón de hogares con calentadores, estufas y anafores, más aparte circulan alrededor de 3 millones de vehículos que juntos emiten a la atmósfera una gran cantidad de contaminantes. Por estar situada en una cuenca, por el tipo de clima, su altitud y la emisión de contaminantes, en la ciudad de México se rebasan los criterios de calidad del aire en el 90% de los días del año, lo que provoca daños a la población<sup>1</sup>. Esta misma situación ocurre en ciudades como Monterrey, Guadalajara, Puebla, Coatzacoalcos-Minatitlán, Ciudad Juárez y Lázaro Cárdenas. En el Valle de México el consumo diario de gas natural alcanza 13,600 toneladas, el de combustóleo 3,670 toneladas, el de gasolina 5,599 y el de gas licuado 1,688 toneladas.

La contaminación por residuos sólidos, tanto urbanos como industriales, tampoco cuenta con un sistema de control y constituye un proceso más de deterioro ambiental. El 49 % de la basura municipal se desecha a cielo abierto, 35% en lotes baldíos y carreteras, y sólo el 16% restante se dispone en rellenos sanitarios.

Los hábitos de consumo influyen sensiblemente en la generación per capita de basura. En el año de 1975 se generaban 320 gramos por habitante diariamente, y en 1998 se generaron 693 gramos por habitante diariamente<sup>1</sup>. Definitivamente han aumentado los desperdicios de papel, plástico y vidrio asociados con la comercialización de productos de consumo, sin la presencia de una estructura de reciclaje o recuperación.

Dentro de la generación de contaminantes industriales, cabe mencionar a los desechos industriales peligrosos, que en muchas ocasiones no se les da un tratamiento adecuado que son desechados en forma irresponsable en los basureros municipales o en tiraderos clandestinos, provocando daños en la salud de la población de forma dramática, sin darle la consideración necesaria porque en ocasiones estos desechos al estar expuestos a cielo abierto desprenden una

---

---

serie de sustancias que afectan la salud del ser humano a largo tiempo; por ejemplo el Monóxido de carbono disminuye la capacidad de captar oxígeno de la sangre, ocasiona fatiga y problemas cardiovasculares; el óxido de azufre, afecta al tejido pulmonar en animales y causa daños en plantas; el óxido de nitrógeno, causa daños en el aparato respiratorio y en los tejidos vegetales; sustancias radiactivas, tienen efectos cancerígenos o las partículas sólidas en suspensión, afectan al tracto respiratorio. Estos síntomas se comienzan a manifestar con el tiempo, provocando que a veces sus efectos sean irreversibles.

Hoy día se habla mucho de los problemas que la contaminación ambiental está provocando, desde los programas de contingencia ambiental vehicular hasta una serie de enfermedades cada vez más agresivas, por ejemplo la gripe, tos, ardor en ojos, etc. Cabe mencionar que mucho de lo que ahora el país está padeciendo es consecuencia de la carencia de una educación ambiental durante décadas, ignorando la importancia que se merece el ambiente. Desgraciadamente, tampoco se da la información necesaria para poder tomar conciencia de todas las formas en la que se están vertiendo al ambiente diversas formas de contaminación.

La desordenada dinámica industrial ha influido en el problema de la contaminación ambiental en México, aunque no se tienen cifras ni referencias suficientes para cuantificar su impacto. Se sabe que, hasta 1970, prácticamente no se aplicó un criterio ambiental para el desarrollo y ubicación de industrias, aunque en aquellos años ya se tenían indicios de impactos ambientales producidos por la contaminación atmosférica y por la generación de residuos peligrosos. Se estima que entre 1950 y 1960 se comenzaron a incrementar los efectos de la contaminación a medida que la industria fue aumentando. En cuanto a los recursos naturales, se ha ejercido una acción de explotación irracional con la idea de que estos eran inagotables, dándose el derroche de materias primas. Aunado a esto se ha tenido la política de precios bajos para el consumo de energía, lo que también ha provocado el poco interés de ahorrar energía en industria, hogares, servicios y establecimientos<sup>2</sup>.

Los estudios recientes en materia del desarrollo industrial en México estiman que el impacto ambiental provocado por las industrias ha sido considerable, no tan sólo como resultado del crecimiento de la producción, sino también a concentraciones de zonas geográficas de alto impacto ambiental.

La industria contribuye a la generación de contaminantes de manera muy diversa, dependiendo de las características de los procesos y del tipo de insumos y productos. Algunas industrias afectan al medio ambiente, fundamentalmente a través de sus descargas al agua, en tanto que otras afectan a la atmósfera por sus procesos de combustión e industriales y otras más son generadores importantes de residuos sólidos que pueden ser o no peligrosos.

Muchas de las consecuencias ambientales se derivan de la tecnología de los equipos que se utilizan en los procesos industriales cuando no se tiene un mantenimiento adecuado o no se cuenta con el equipo para el control de emisiones, por ejemplo:

- La industria azucarera tiene una tecnología con 45 ó más años de antigüedad en promedio y presenta efectos contaminantes sobre a cuerpos de agua derivados de descargas de alta

---

temperatura y gran contenido de materia orgánica; de igual manera contribuye a la contaminación del aire por la utilización de combustóleo, careciendo totalmente de equipos de control de emisiones.

- La industria minero-cúprifera presenta efectos contaminantes del agua por descargas ácidas, de metales, cianuros, materiales reactivos, aceites lubricantes usados y sólidos suspendidos, y del aire por partículas de polvo derivadas de sus procesos.
- La industria siderúrgica afecta al agua con descargas ácidas y amoniacales; al aire con polvos, gases y humos provenientes del carbón y gas natural en procesos de combustión ineficientes.
- La industria del cuero genera residuos de “descarne”, “raspa”, partículas de piel cromada y recorte; además, contamina el agua con sales de cromo, materia orgánica, grasas y el aire con partículas, gases (como solventes) y humos.
- La industria de celulosa y papel contamina el agua con materia orgánica y sustancias químicas y el aire como resultado de procesos de combustión.
- En lo que se refiere a la minería en general, los principales riesgos derivan de la fase de explotación, la cual se realiza a través del método de flotación selectiva, que consisten en triturar y moler en un medio acuoso adicionado por reactivos químicos. Al final, el concentrado mineral representa el 10% del volumen inicial. El resto está considerado residuo industrial frecuentemente peligroso y denominado jale, además que este puede generar escurrimientos y arrastres de residuos minero-metalúrgicos peligrosos de alta afectación ambiental, así como la descarga de aguas residuales en cuerpos receptores. Igual ocurre en los procesos de beneficio de minerales, que pueden tener efectos ambientales negativos a través de sus aguas residuales, materiales y sustancias peligrosas y, en algunos casos, emisiones a la atmósfera. Estas últimas son particularmente importantes en los procesos de fundición y refinado.
- Finalmente, la actividad petrolera involucra acciones de grandes dimensiones que afectan drásticamente al ambiente, muestran por lo general niveles altos de contaminación, así como de deterioro de su entorno natural.

Como se puede observar dependiendo del tipo de proceso industrial, este puede emitir diferentes tipos de contaminantes al ambiente tales como:

- Las emisiones contaminantes a la atmósfera
-

- Las descargas de aguas residuales
- La generación de residuos sólidos y peligrosos

## 2.1 Contaminación Ambiental

El entorno ambiental cambia con el tiempo debido a la sucesión natural y evolución. para ello requiere de millones de años. El hombre en cambio, puede cambiar la faz de la Tierra en cuestión de años, debido a la contaminación ambiental que provoca por los procesos rápidos de desarrollo e industrialización. Se ha observado que la civilización industrial es una seria amenaza para la integridad del ambiente, cuestionándose inclusive lo positivo de la industrialización, puesto que la falta de regulación y planificación estratégica en el proceso industrial ha provocado efectos nocivos, lo mismo inmediatos que mediatos, pero ¿qué es este fenómeno tan perjudicial del que se habla constantemente?. Para responder a esto, se debe entender por contaminación como la adición de sustancias al aire, agua o suelo procedentes de fuentes naturales o artificiales que alteran en menor o mayor grado su condición natural<sup>3</sup>. A continuación se describirán las formas en las que se contaminan estos diferentes elementos que son de gran importancia para los ecosistemas y para el desarrollo industrial. En la figura 2.1 se muestra una gráfica de cómo las emisiones industriales completan un ciclo de contaminación que puede afectar al hombre, la flora, la fauna e incluso a los inmuebles:

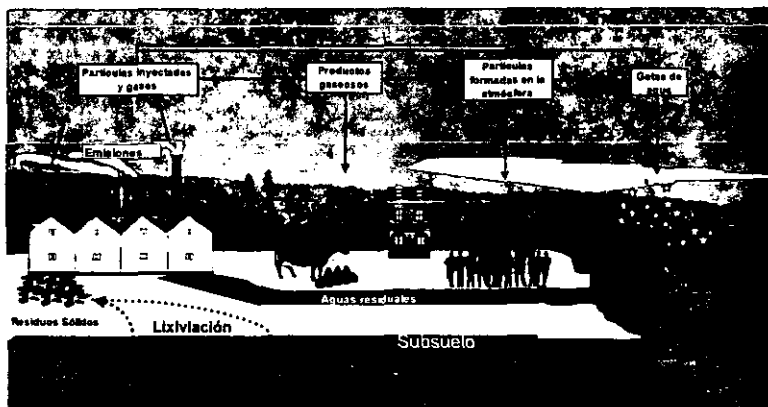


Figura 2.1 Ciclo de la Contaminación Ambiental

---

### 2.1.1 Aire

El aire está compuesto principalmente por los siguientes gases que se encuentran en las proporciones en porcentajes siguientes (considerando aire seco):

- ◆ Nitrógeno 78.09%
- ◆ Oxígeno 20.95%
- ◆ Argón 0.93%
- ◆ Bióxido de Carbono 0.032%
- ◆ Neón 0.0018%

además de fracciones mínimas de helio, metano, kriptón, óxido de nitrógeno y xenón.

Por tanto, la contaminación del aire es la presencia en la atmósfera de una o más sustancias u otros factores (calor, ruido, radiación, etc.) que alteran esta composición como consecuencia de las actividades humanas o fenómenos naturales como tolvaneras, erupciones volcánicas o incendios.

Para establecer a qué nivel de concentración se esté alterando el estado natural puede y que resulte perjudicial, o bien hasta qué nivel la atmósfera pierde efectividad para diluir o descomponer ese exceso de concentración<sup>3</sup> es necesario incluir un concepto denominado Calidad de Aire, el cual representa precisamente la condición de calidad que pueda presentar en un momento dado el aire ambiental y que está definido en parte, con base en los niveles de los contaminantes para los cuales se tienen criterios de calidad<sup>4</sup>. A la fecha se conocen niveles para los siguientes contaminantes (conocidos como contaminantes criterio):

- Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) (contaminante primario)
- Bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (contaminante primario)
- Monóxido de carbono (CO) (contaminante primario)
- Ozono (O<sub>3</sub>) (contaminante secundario)
- Partículas suspendidas totales (PST) (contaminante primario), PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> (Primario y secundario)
- Plomo (Pb) (contaminante primario)

De hecho, existen normas oficiales de calidad del aire que especifican la cantidad máxima de estos contaminantes que puede ser emitida por las industrias. No obstante, se reconoce que en atmósferas urbano-industriales se encuentran grandes concentraciones de otros compuestos que pueden tener un potencial tóxico o bien ser precursores de contaminantes secundarios.

Dentro de este grupo se incluyen prácticamente todas aquellas sustancias que se manejan dentro de los procesos industriales tales como: solventes, polvos metálicos.

La tabla 2.1 presenta un listado de tipos de fuentes y los contaminantes atmosféricos que pueden ser emitidos por cada fuente. Cabe señalar que la medición que se efectúa por medio de

---

las redes de monitores se refiere a la concentración de los contaminantes ya presentes en la atmósfera pero no a la cantidad que se está emitiendo por las diferentes fuentes.

Existen actualmente mecanismos oficiales para restringir la emisión de varios contaminantes, siendo estos los llamados normas de emisión. Con estas normas se busca que las fuentes emitan menos contaminantes a la atmósfera<sup>4</sup>.

Tabla 2.1 Fuentes emisiones contaminantes<sup>4</sup>

Tipo de fuente	Categoría	Fuentes Típicas	Contaminantes
Combustión	Estacionarias	Termoeléctricas, Calderas industriales, Plantas de energía diesel.	SOx, NOx, CO, Humos, Hollín, Oxidos metálicos, Partículas
	Móviles	Vehículos automotores, aviación, ferrocarriles	CO, NOx, SOx, Hidrocarburos, Partículas, Oxidos de Plomo
	Domésticas	Estufas, Calentadores, uso de limpiadores inorgánicos, uso de solventes	CO, NOx, Hidrocarburos, Partículas, Amoníaco
Procesos de calentamiento y fundición	Metalurgia no ferrosa	Operaciones de fundición y refinado	Polvos, Humos, Vapores de metales, Sox
	Metalurgia ferrosa	Manejo de materiales, sinterizado de minerales y peletizado, Horno de coque, altos hornos, hornos de acero	Humos, Vapores metálicos, CO, Olores, SOx, Vapores orgánicos Fluoruros
Transformación	No minerales	Trituración de madera, procesamiento de grava y arena, cemento, vidrio, refractarios	Partículas minerales, SOx, NOx, CO, Fluoruros
Industria química, petrolera, petroquímica y farmacéutica	Producción y Refinación de petróleo y Petroquímica	Caldera, Hervidores, Calentadores, Torres catalíticas, Reactores, Tanques de almacenamiento Quemadores de Venteos, Fuentes fugitivas (bombas, válvulas, etc.)	SOx, Hidrocarburos, NOx, CO, Partículas, Humos, Tóxicos atmosféricos Mercaptanos
	Ind. Química Orgánica	Calderas, Calentadores, Reactores, Tanques de Almacenamiento, Quemadores de venteos, Fuentes fugitivas en producción de pinturas, Banicos, Plásticos, Productos químicos, Resinas, Acrílicos, Nylon, Fibras sintéticas, Jabones, Fenol, Productos farmacéuticos, etc.	SOx, Hidrocarburos, NOx, CO, Partículas
	Pulpa y Papel	Sistema de desfogeo de digestores, Lavadores de pulpa.	Partículas, H <sub>2</sub> S, Mercaptanos, SO <sub>2</sub>
	Industria química inorgánica	Plantas de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Fertilizantes Acido Nítrico, Fosfórico, Amoníaco	SO <sub>2</sub> , HF, NOx, NH <sub>3</sub> , Partículas
	Procesado de alimentos	Descarga, Limpieza, Procesado, Secado, Empacado	Polvos, Vapores, Olores
Alimentos y agricultura	Cultivos agrícolas	Control de plagas y hiervas	Arsénicos
	Quemas agrícolas	Quema de terrenos para cultivo y cosechas	Humos, Hollín, Hidrocarburos
Distribución de combustibles	Estaciones de transferencia y Distribución de Combustibles	Sistema de transferencia, Tanques de transporte y almacenamiento, Servido de combustibles y derrames.	Hidrocarburos
Uso de solventes	Desengrasado, Limpieza de partes mecánicas	Sistema y operaciones de desengrasado y limpieza de partes y equipo	Hidrocarburos
	Recubrimientos	Aplicación de pinturas en inmuebles, estructuras metálicas, muebles, vehículos, etc.	Hidrocarburos
Industria gráfica	Impresiones, litografía.	Uso de tintas, solventes y pinturas	Hidrocarburos
Tratamiento de aguas	Plantas de tratamiento de aguas industriales y municipales	Lagunas de oxidación	Hidrocarburos

---

## 2.1.2 Agua

El agua es probablemente uno de los recursos naturales más importante del mundo, ya que sin ella no podría existir la vida y la industria no funcionaría. A diferencia de muchas otras materias primas, el agua no tiene sustituto en muchas aplicaciones, además tiene un papel vital en el desarrollo de las comunidades, ya que es indispensable que su abastecimiento sea seguro para que una comunidad se establezca permanentemente. Sin embargo, los residuos líquidos y sólidos de una comunidad tienen un potencial considerable para contaminar el ambiente. El concepto de agua como recurso natural, debe administrarse cuidadosamente, ya que las poblaciones en desarrollo y los complejos industriales tienen demandas de agua siempre crecientes.

El agua, tal como se encuentra en la naturaleza siempre contiene otro tipo de sustancias tales como gases disueltos, materia orgánica y materia mineral soluble. Estas sustancias van disolviéndose conforme el agua fluye sobre la tierra o se filtra a través de ella. Además de los materiales disueltos, muchas aguas superficiales transportan sólidos que van desde arena que es pesada y se asienta con rapidez, hasta partículas dispersas en forma coloidal que son indefinidamente estables en suspensión.

La acumulación natural de impurezas en el agua, es el resultado de los procesos químicos y físicos que se llevan a cabo en forma espontánea.

La contaminación por efecto de aguas residuales urbanas e industriales han llegado a considerarse como un problema nacional.

La contaminación del agua se lleva a cabo cuando se descargan sustancias que interfieren con sus características físicas y químicas específicas en su naturaleza. La contaminación del agua incluye no sólo los contaminantes físicos naturales o artificiales sino también el calor y la radiación que tienen el mismo origen<sup>3</sup>.

El agua debe contar con un nivel de calidad que es determinado por las propiedades físicas entre otros, los sólidos en suspensión, sólidos totales, sólidos volátiles, sólidos disueltos, la temperatura, el calor, el olor, la conductividad, etc.; las propiedades químicas que están representadas por la materia orgánica biodegradable, la materia inorgánica y los gases disueltos y las propiedades biológicas que se refiere a los microorganismos que viven en el agua.

Cabe mencionar que el oxígeno es un valioso indicador de la calidad del agua, pues una concentración alta de oxígeno disuelto es imprescindible para algunas especies cuyo hábitat son las aguas superficiales como es el caso del salmón y la trucha, así como para cualquier proceso que involucre organismos vivos. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) ocasionada por la presencia de materia orgánica en el agua, es el indicador más confiable de la contaminación, porque los compuestos orgánicos por lo regular son inestables y pueden oxidarse biológica o químicamente para obtener productos finales estables, relativamente inertes.

---

### 2.1.3 Suelo

El suelo puede contaminarse no sólo con la adición de contaminantes específicos, sino también cuando su composición se altera en tal medida que resulta inadecuado para los usos que se hayan determinado.

El mal manejo de los residuos sólidos ocasiona debido a su composición, el desarrollo de fauna nociva que nace, crece, se reproduce y se alimenta de los residuos orgánicos que son depositados en tiraderos, basureros, etc., convirtiéndose en un factor potencialmente dañino para la salud, la economía, el suelo y la posible contaminación de los mantos acuíferos; por otra parte se crean malos olores que son arrastrados por los vientos hacia áreas de la población<sup>5</sup>.

Existen distintos tipos de residuos de acuerdo a su procedencia y a sus características, los cuales se mencionan a continuación:

- ◆ Residuo sólido: Son todos aquellos materiales secundarios o de desecho resultantes de la selección o elaboración de materias primas.
- ◆ Residuo peligroso: Es todo aquel que por sus características físicas, químicas y biológicas representa desde su generación daños para la salud y el ambiente.
- ◆ Residuo potencialmente peligroso: Es todo aquel que por sus características físicas, químicas o biológicas pueda representar un daño para la salud y el ambiente.
- ◆ Residuo sólido municipal: Son aquellos que se generan en casas habitación, parques, jardines, vía pública, oficinas, sitios de reunión, mercados, comercios, demoliciones, construcciones, instituciones, establecimientos de servicio y en general todos aquellos generados en actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su manejo.
- ◆ Residuo sólido industrial: Son aquellos generados en cualquiera de los procesos de extracción, transformación y producción, estos residuos pueden no ser peligrosos.

### 2.2 Emisiones contaminantes a la atmósfera

La generación de contaminantes emitidos a la atmósfera por el sector industrial es variada, dependiendo de la rama industrial y de la composición del sector en cada región del país.

Conviene señalar que la instalación de equipos anticontaminantes en las industrias son muy limitados. De 4,623 industrias sólo el 13.6% reporta la existencia de equipos de control en sus procesos, de los cuales el 11.3% corresponde al control de partículas, el 1% corresponde al control de hidrocarburos y el 1.3% al control de bióxido de azufre como se muestran en la figura 2.1.



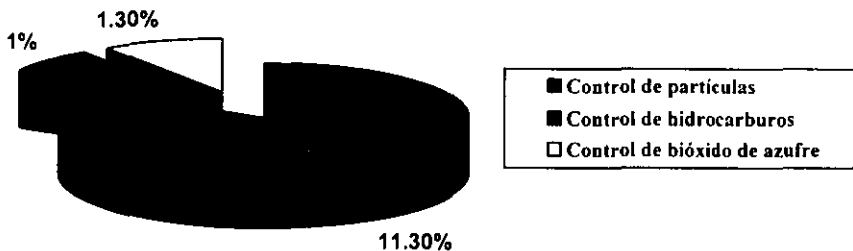


Figura 2.1 Instalación de equipos anticontaminantes en las industrias<sup>1</sup>

Dado que la industria constituye una fuente importante de contaminantes atmosféricos particularmente, en algunas ciudades y corredores industriales, hay un amplio campo para la aplicación de la política ambiental en dos aspectos fundamentales: modificar el combustible utilizado y buscar que las empresas que no lo han hecho instalen equipos de control. A pesar de estas aparentes soluciones, el problema de la calidad del aire no es únicamente producto de las emisiones industriales, sino además de otro tipo de fuentes emisoras (fuentes móviles). En el caso de la ZMCM la industria contribuye considerablemente menos que los vehículos automotores, esto no significa que las acciones en el plano industrial pueden postergarse, sino que deben enmarcarse dentro de un esquema mucho más amplio de gestión de la calidad de ambiente<sup>1</sup>.

### 2.3 Descargas de aguas residuales industriales

El agua es un elemento importante para la industria. Se utiliza directamente en el proceso productivo como solvente o mezcla, o de manera indirecta en los lavados y procesos de enfriamiento. Las fuentes de contaminación de las corrientes superficiales son las poblaciones, a través de sus descargas directas y de los lixiviados provenientes de los depósitos de basura: los campos de cultivo, en donde se utilizan plaguicidas y fertilizantes y las industrias, también en forma directa o por el depósito de sus residuos sólidos, lavado de emisiones atmosféricas y el arrastre de sus gases por el viento y la lluvia, lo que provocan el fenómeno de "lluvia ácida".

Para 1980 se estimó que en el Distrito Federal fueron descargados 110 m<sup>3</sup>/seg de aguas residuales municipales, 74 m<sup>3</sup>/seg de residuos líquidos industriales y cerca de 0.5 m<sup>3</sup>/seg de aguas residuales provenientes de la agricultura. Se estima que las descargas de aguas residuales industriales por año son de aproximadamente 2.05 km<sup>3</sup>, contra 7.3 de uso doméstico. Es decir, las descargas domésticas son 3.6 veces las descargas industriales de aguas residuales. Así, las aguas residuales de uso industrial, son una proporción relativamente baja de las aguas

---

residuales del país. No todos los sectores industriales participan de la misma manera en la generación de aguas residuales, tanto por la naturaleza de sus procesos como por la intensidad de evaporación y reuso<sup>1</sup>.

### 2.3 Generación de residuos peligrosos

Los residuos peligrosos generados por la actividad industrial así como materiales de alto riesgo consumidos directa e indirectamente, pueden ser identificados por sus características **CRETIB**, es decir, por sus propiedades *Corrosivas, Reactivas, Explosivas, Tóxicas, Inflamables y/o Biológico-infecciosas*. Los residuos industriales pueden también ser identificados por sus estados físicos; su composición química o su descripción genérica (aguas, breas, bases, lubricantes, colas, disolventes, envases, sedimentos, cabezas, carbones activados, catalizadores, jales, lodos, soluciones, tierras y otras). Dependiendo del volumen de generación y su concentración, estos residuos y sustancias peligrosas pueden generar diferentes riesgos ambientales.

En México, como consecuencia de los procesos de urbanización e industrialización, se generan anualmente 133 millones de toneladas de residuos clasificados como industriales: de estos, el 87% proviene de la extracción y beneficio de minerales, 11% son residuos especiales que requieren de un manejo específico y 2% son de naturaleza peligrosa como se muestra en la figura 2.1<sup>2</sup>.

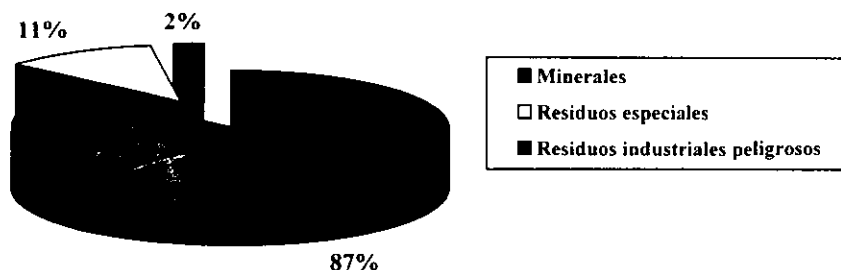


Figura 2.2 Origen de los residuos industriales<sup>2</sup>

Por otro lado, el total de residuos industriales que se generan al año, son 2.2 millones de toneladas, que por sus características se denominan como residuos peligrosos. Comprenden los residuos aislados, mezclados o en solución, sólidos, líquidos o en forma de lodos, que son

---

generados como subproductos de un proceso que genera los residuos resultantes de operaciones unitarias o de la limpieza de máquinas e instalaciones. Por sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas, representan un peligro para la vida humana, la salud y los ecosistemas. En la figura 2.2 se representa un perfil estimativo de la generación de los residuos peligrosos en México desde 1990 y la estimación de la cantidad que se generará en el año 2000<sup>6</sup>.

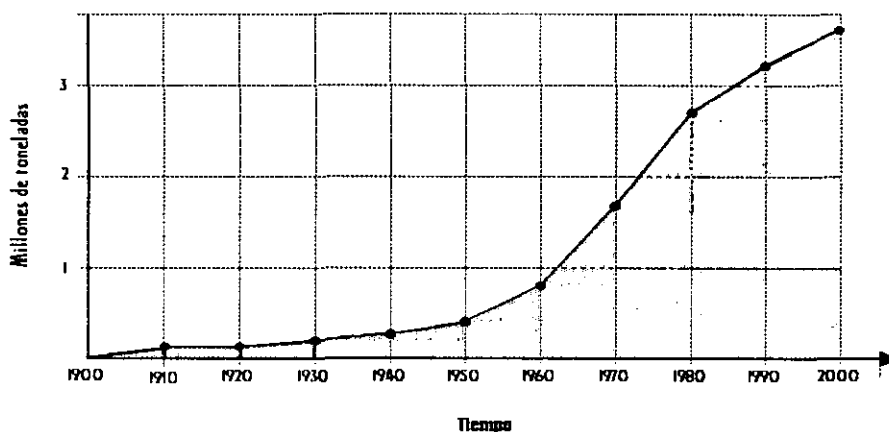


Figura 2.3 Estimación del aumento de los residuos peligrosos en México desde 1900 hasta el año 2000<sup>6</sup>

La naturaleza de los residuos peligrosos es muy diversa, pues depende del tipo de industria que los genere; incluso dos empresas que fabrican el mismo producto pueden generar residuos diferentes tanto cualitativa como cuantitativamente, dependiendo del proceso que utilicen.

Es posible que la generación total de residuos peligrosos en México ascienda a un volumen agregado de entre 300 mil y 500 mil toneladas diarias<sup>6</sup>. Dada la proporción que guarda el volumen creciente de residuos peligrosos generados con las capacidades existentes de manejo, vigilancia y control, con frecuencia se observa una disposición clandestina en tiraderos municipales, barrancas, derechos de vías en carreteras, drenajes municipales o en canales. Se estima que la disposición clandestina es la que predomina, considerando que cerca del 90% de los residuos peligrosos adoptan estados líquidos, acuosos o semilíquidos, o bien, se solubilizan y/o mezclan en las descargas de aguas residuales<sup>6</sup>.

En los países industrializados, las normas y regulaciones aplicables a la generación y manejo de este tipo de residuos son cada vez más estrictas, y por tanto, se observa una escala exponencial de los costos asociados a su manejo ambientalmente seguro.

---

En la actualidad se estima que disponer adecuadamente de una tonelada de residuos peligrosos a través de sistemas de recolección, almacenamiento, transporte, confinamiento controlado, neutralización, reciclaje o incineración, cuesta en promedio entre ochenta mil quinientos dólares<sup>1</sup>.

Para el manejo integral de residuos peligrosos es de vital importancia contar con un inventario de generación. Al respecto, se han llevado a cabo una serie de acciones aisladas, pero aún no se cuenta con un inventario completo. Los esfuerzos que se han llevado a cabo para construir inventarios de generación de residuos peligrosos, enfrentan limitaciones importantes en la medida en que se basan en factores de generación estimados en otros países y que se aplican en su mayor parte con referencia al número de empleados por empresa.

A pesar de que se cuenta con algunos estudios de afectación ocasionada por residuos peligrosos de la industria maquiladora y estudios de impacto ambiental asociados a diversas actividades y proyectos de manejo, aún no se dispone de un banco de información o sistema actualizado en la materia. A diferencia de las emisiones industriales a la atmósfera, que se encuentran muy concentradas en grandes industrias de ciertas ramas, en materia de residuos peligrosos se carece todavía de información que aclare la participación relativa de la micro, pequeña y mediana industria en términos de diferentes tipos de residuos.

La infraestructura existente en México para el manejo de residuos peligrosos es muy limitada, insuficiente para procesar los varios millones de toneladas que genera cada año la industria. Las razones de este rezago radican en parte en el tiempo corto de maduración que ha tendido la política ambiental, así como en la carencia de actividades de promoción industrial y en la falta de mecanismos imaginativos de financiamiento.

## **2.4 la Ingeniería industrial y la Contaminación Ambiental**

Los ingenieros y otros expertos crean continuamente nuevas técnicas para industrias e innovar los procesos industriales. No obstante, el conocimiento limitado en impactos al ambiente de estos innovadores ocasiona a veces efectos indeseables, como lo es la contaminación ambiental. La industria, al utilizar estos progresos contribuye apreciablemente en algunos casos con sus residuos sólidos, líquidos y gaseosos al deterioro ambiental, cuando no aplican metodologías para su minimización ó control sobre todo donde la densidad industrial es alta como es el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y sus zonas aledañas: Guadalajara, Monterrey y de algunos otros lugares, pero, evidentemente es imposible frenar el proceso de desarrollo industrial ya que este implica también la participación activa del País en el sistema de interrelaciones mundiales. Por tanto la participación de la industria es de trascendental importancia en la economía de México. No obstante, es necesario que también se enfoquen los esfuerzos a la modificación de las operaciones y procesos altamente contaminantes para reducir la cantidad y peligrosidad de las emisiones. Esto implica volver

---

mucho más eficientes y productivos los ciclos de vida de los productos para minimizar la contaminación del aire, del suelo y del agua.

Como la función básica del Ingeniero industrial es determinar cuáles y cómo se realizan los procesos de una industria y someterlos a un análisis objetivo para buscar mayor eficiencia y productividad, debe implementar nuevas estrategias industriales para optimizar el consumo de energía y materiales, reducir al mínimo la producción de residuos y buscar si los residuos de un producto sirve de materia prima para otro (minimización, reuso y recicló). etc., y así poder controlar la generación de contaminantes de la empresa.

Los ingenieros industriales deben tener el conocimiento no sólo de los diseños de sistemas productivos, de la planeación y control de la producción, de las técnicas de optimización, de la ingeniería financiera así como de los costos de los productos que se manufacturen, sino también en la actualidad, es necesario que conozca la situación en la que el país está enfrentando con respecto a la contaminación ambiental. De esta forma analizar de qué manera la industria en la que se esté laborando está emitiendo contaminantes y dar la capacitación necesaria al personal no sólo de calidad y productividad, sino también de la gran importancia que tiene el deterioro ambiental y la manera en la que se puede llegar a perjudicar no sólo a la empresa por la imposición de multas o clausuras, también a la salud del hombre, la flora y la fauna. De la misma manera que en México muchas empresas han podido implementar una gestión empresarial, es posible que el ingeniero industrial pueda implementar una gestión ambiental, esta actividad puede implicar costos para dar esta nueva educación a obreros y empleados, sin embargo el ignorar la situación ambiental actual que prevalece en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, puede resultar aún más costoso.

---

3  
MARCO TEORICO

### 3.1 Concepto del Ciclo de Vida del Producto

La naturaleza provee de materias primas para la obtención de bienes y servicios que satisfacen las necesidades individuales y sociales para las actividades humanas. No obstante, los cambios continuos que se presentan para poder satisfacer las necesidades de la sociedad, están llegando a un nivel en el cual es necesario que se observe y se administre de una manera más eficaz a los recursos naturales.

Hoy en día, existe mucha confusión e incluso hasta ignorancia en la incorporación de los métodos para reducir la generación de contaminantes ambientales que provocan tanto las actividades domésticas y urbanas, como las comerciales e industriales, ya sea por falta de información o por poco interés.

En países industrializados, la tendencia actual para acercarse a un desarrollo racional compatible entre la actividad industrial y la utilización de los recursos naturales, es aplicar el concepto del "análisis del ciclo de vida del producto (CVP)"<sup>7</sup>. Este ciclo es la metodología que se utiliza para evaluar la calidad ambiental de un producto, es decir, se realiza un análisis en un sistema productivo, desde la obtención de la materia prima hasta el residuo final del producto manufacturado.

De acuerdo a este concepto, se requiere definir un sistema antes de efectuar el diseño de un producto. El tamaño del sistema abarca todos los flujos de materiales, energía y transformaciones asociados con el CVP.

En la evaluación del ciclo de vida de todo este sistema, los diseñadores de nuevos productos o bien, los encargados de la reingeniería de productos actuales, pueden ayudar a minimizar y/o prevenir impactos ambientales a los diversos medios (aire, agua, suelo) y entre otras etapas de ciclo de vida.

Esta estructura incluye además a otros actores relacionados con la manufactura del producto, tales como los proveedores, los fabricantes, los consumidores/usuarios, los recuperadores de los recursos y materiales y los administradores ambientales de las empresas, quienes pueden ser cruciales en el establecimiento de un diseño exitoso.

Se han propuestos diversos diagramas para representar el CVP<sup>7</sup>, sin embargo, se mantiene un concepto general de este ciclo similar al mostrado en la figura 3.1.

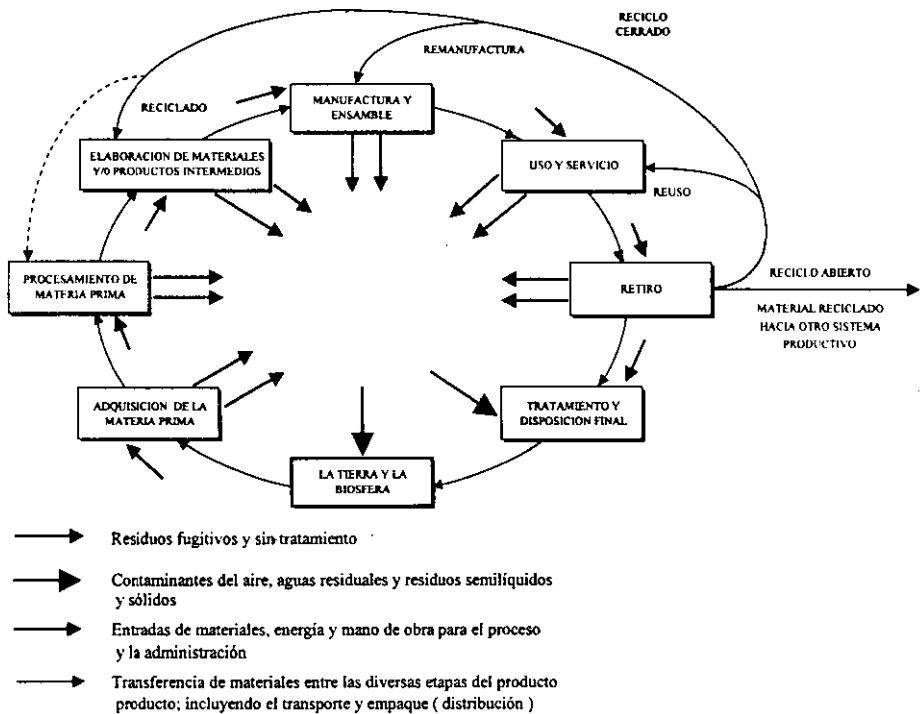


Figura 3.1 Ciclo de vida de un sistema<sup>7</sup>

Bajo una perspectiva elemental, cada producto involucra que los recursos sean consumidos y que los residuos generados se acumulen en el ambiente. Un CVP puede ser organizado en las siguientes etapas:

- Adquisición de las materias primas
- Procesamiento de la materia prima
- Producción de materiales intermedios y especiales
- Manufactura y ensamblado
- Uso y servicio
- Retiro

---

### Disposición final

La adquisición de las materias primas puede incluir la extracción de materiales no renovables. Estas materias primas son procesadas para obtener materiales base por medio de procesos de separación y purificación. Algunos de estos materiales base son combinados y tratados por medios físicos y químicos en materiales intermedios especiales. Ejemplos son la polimerización de etileno en "pellets" de polietileno. Estos materiales son entonces manufacturados siguiendo varios pasos de fabricación, y las partes formadas son ensambladas en un producto final.

Los productos son vendidos a los consumidores o utilizados para una o más funciones diferentes. Como resultado de su uso, algunos productos o incluso el equipo utilizado para su proceso, debe ser enviado a mantenimiento o a reparación. En este punto, el usuario (consumidor o productor) decide si retira o no el equipo o producto. Después del retiro, un producto puede ser reutilizado ó re-manufacturado. Adicionalmente, parte de los materiales y de la energía pueden ser recuperados a través del reciclado, composteo o incineración. Algunos residuos generados en todas las etapas son descargados directamente al entorno ambiental. Las emisiones vehiculares, descargas de aguas residuales de algunos procesos o derrames de sustancias, son ejemplos de descargas directas.

Los residuos pueden también sufrir tratamientos físicos, químicos o biológicos. Los procesos de tratamiento están diseñados por lo general para reducir el volumen y toxicidad de algún residuo, y en menor aplicación, para recuperar materia prima o productos. Los residuos remanentes, incluyendo aquellos resultantes del tratamiento, son por lo general, enviados a rellenos sanitarios o a plantas de tratamiento de residuos peligrosos y confinamientos especiales. La forma final de los residuos, depende de cómo sean estos tratados después de su descarga. El ciclo de vida de un producto comienza identificando las necesidades de producción que van naciendo junto con el diseño preliminar del sistema productivo, instalación del equipo de trabajo, el flujo de los materiales y residuos hasta la disposición final de estos, etc. El diseño del ciclo de vida de un producto se realiza simultáneamente al diseño de los procesos de manufactura y al sistema de producción. Prácticamente, el diseño del ciclo de vida y el diseño de los procesos de manufactura se desarrollan en tres etapas principalmente:

1. Cuando se reconoce la necesidad de algún producto.
2. Cuando se diseñan los procesos de manufactura y se realiza una planeación, "layout", selección de equipo de trabajo, planeación de procesos, y otras actividades similares.
3. Cuando se desarrollan todos los programas para el uso del sistema productivo (mantenimiento, inventario, etc.)

El diseño del ciclo de vida tendrá gran impacto durante cada fase del desarrollo de los sistemas productivos, ya que es en esta fase cuando se comienzan por considerar todos los factores que pueden afectar al ciclo de vida del producto una vez que esté completo. Cabe mencionar que la implantación del ciclo de vida del producto puede resultar con un costo alto al

---



---

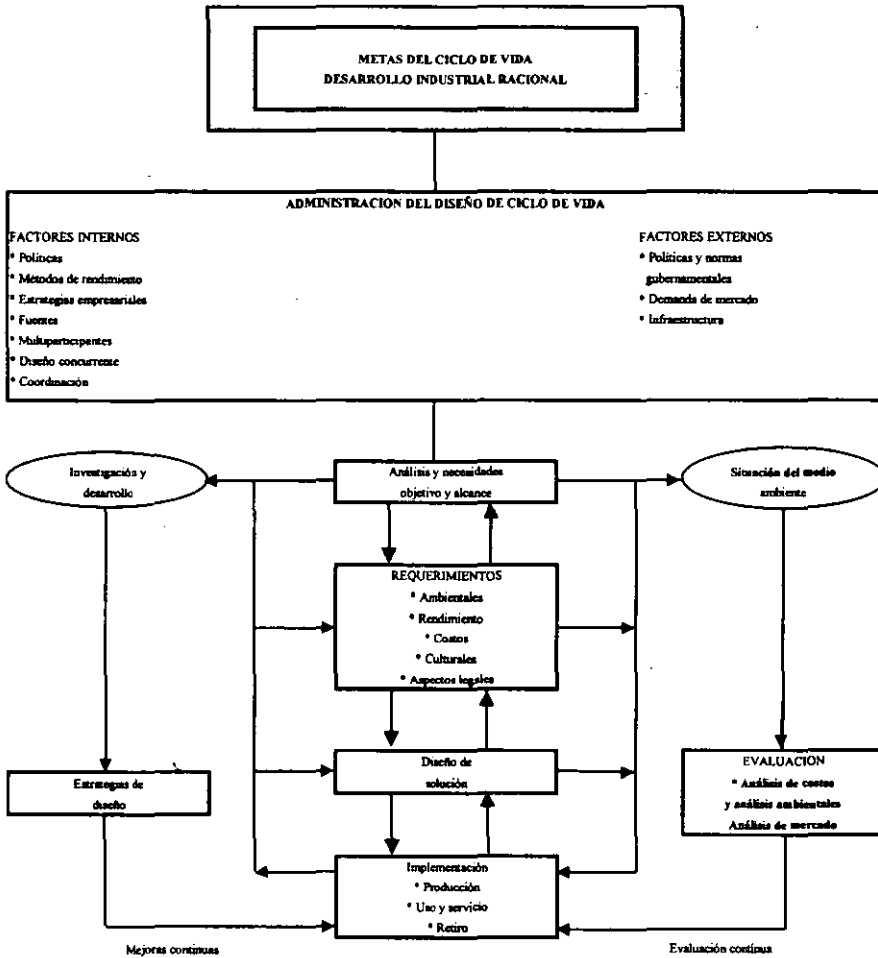
inicio del proyecto, por la intervención de personal capacitado para el desarrollo de programas e instalación de equipos anticontaminantes en caso de ser requerido. Pero a largo plazo los beneficios ambientales, económicos y productivos pueden ser notables al evitar la imposición de multas o bien por el ahorro de materia prima, etc. En la figura 3.2 se esquematizan los factores que el diseño del ciclo de vida considera prioritarios para su desarrollo e implementación<sup>8</sup>.

El proceso del diseño de un ciclo de vida de un producto, es una tarea muy compleja de integración de los aspectos ambientales al propio diseño. La meta será siempre la búsqueda del desarrollo industrial racional, y siempre se dependerá de factores internos y externos.

Los factores externos incluyen los reglamentos y normas oficiales, la demanda de mercado, la infraestructura, el estado de la economía, el estado del ambiente, el entendimiento científico de los riesgos ambientales, y la percepción del público sobre estos riesgos. Esto obliga a que dentro de una compañía deben realizarse cambios organizacionales y operacionales para implementar adecuadamente un diseño del ciclo de vida de un producto.

De los factores internos, en la fase de implementación, el control de la generación de contaminantes al ambiente es quizás el punto donde la ingeniería industrial participa activamente, ya que la administración adecuada del proceso de manufactura completo, será el factor de éxito de un gran porcentaje del programa del ciclo de vida. La figura 3.3 ilustra de una manera hipotética, como participarían en un caso ideal cada una de las etapas de la producción de un ciclo de vida de un producto, en la carga total de impactos al ambiente<sup>8</sup>.

Para definir las actividades, sistemas de control, y todos aquellos factores internos en los que la administración de los procesos deberá actuar, se deben considerar los requerimientos mostrados en la tabla 3.1<sup>8</sup>.



3.2 Proceso del Diseño de Análisis del Ciclo de Vida de los Productos<sup>8</sup>

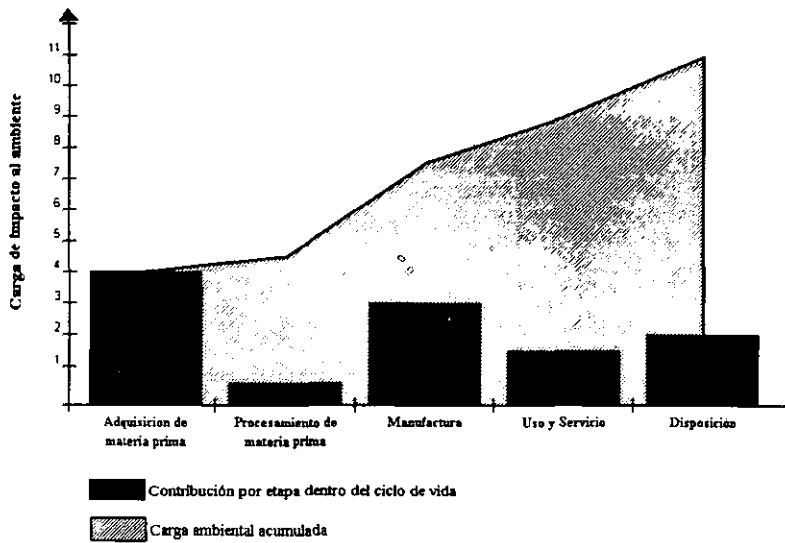


Figura 3.3 Carga agregada de impacto al ambiente sobre las diferentes etapas del ciclo de vida de un sistema hipotético del ciclo de vida<sup>8</sup>

Tabla 3.1 Estrategias para cumplir los requisitos de un ACVP<sup>8</sup>

Requisitos	Estrategias
Extensión del ciclo de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extender su vida útil</li> <li>• Hacerlo durable</li> <li>• Asegurar su adaptabilidad</li> <li>• Facilitar su utilidad</li> <li>• Activar la remanufactura</li> <li>• Ajustar su reuso</li> </ul>
Extensión de la vida del material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificar los materiales reciclables</li> <li>• Evitar o minimizar la peligrosidad de la materia prima</li> <li>• Utilizar materiales reciclables</li> </ul>
Selección de material	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución de materiales</li> <li>• Reformulación de productos</li> </ul>
Intensificar el uso racional y el ahorro de materia prima	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación de recursos</li> </ul>
Administración de los procesos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución de los procesos</li> <li>• Eficiencia de los procesos de energía</li> <li>• Control de los procesos</li> <li>• Mejorar el arreglo del proceso</li> <li>• Control del inventario y manejo de materiales</li> <li>• Planeación de la instalación</li> <li>• Tratamiento y disposición de residuos</li> </ul>
Distribución eficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de transportación eficiente</li> <li>• Reducción en uso de empaques</li> <li>• Uso de empaque de bajo impacto/reutilizable</li> </ul>
Mejoramiento de las prácticas administrativas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de materiales y equipo eficiente</li> <li>• Eliminación de productos de alto impacto ambiental</li> <li>• Selección de proveedores y contratistas</li> <li>• Etiquetado del producto indicando las acciones ambientales que se efectúen</li> </ul>

### 3.2 Concepto de la Prevención de la Contaminación

Una vez visto el concepto del análisis del ciclo de vida de los productos, es necesario conocer lo que es la Prevención de la Contaminación Ambiental para poder ser aplicada dentro del análisis del ciclo de vida de los productos.

---

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (U.S. EPA), define la Prevención de la Contaminación "como el uso de materiales, procesos, o prácticas que reducen o eliminan la creación de contaminantes o residuos en la fuente. Incluye prácticas para reducir el uso de materiales peligrosos, energía, agua y otros recursos y prácticas para proteger los recursos naturales a través de la conservación o uso más eficiente"<sup>12</sup>.

La propia U.S. EPA ha estado fomentando la aplicación de este concepto con la intención de sensibilizar a los generadores a no producir residuos como una primera opción antes de desarrollar o implementar esquemas de tratamiento complejos a fin de asegurar que los residuos no presentan un problema de afectación al ambiente. Aunque no se considera al reuso fuera de la planta como parte de las actividades de la prevención de la contaminación, el planteamiento del ciclo de vida puede considerarlo como una fase importante. No obstante, esta fase queda fuera del alcance de la ingeniería industrial.

Por otro lado, también se ha manejado el término de minimización de residuos, la cual también es definida por la U.S. EPA, como "la reducción hasta el máximo posible", de los residuos peligrosos que son generados, o subsecuentemente tratados, modificados o dispuestos. Incluye la reducción en cualquier fuente o actividad de reciclado realizada por un generador que dé por resultado: (1) la reducción del volumen total o cantidad del residuo peligroso o, (2) la reducción de la toxicidad del residuo peligrosos, o ambos, de tal forma que tal reducción sea consistente con la meta de minimización recientemente establecida y con las expectativas futuras de afectación a la salud y al ambiente<sup>9</sup>.

En este trabajo, se considera que la Prevención de la Contaminación (PC), incluye la minimización de residuos como parte de su esquema, por lo que no será manejado en forma individual.

A la fecha, se han propuesto diversos esquemas de los que se considera un programa de PC. Por ejemplo, la Asociación de la Manufactura Química (Chemical Manufacturing Association) de los Estados Unidos de Norteamérica, ha adaptado un código de 10 prácticas administrativas para la reducción de la generación de residuos y su descarga al ambiente<sup>10</sup>. Estas prácticas son:

1. Comprometer la organización
2. Inventariar residuos y descargas al medio ambiente
3. Evaluar impactos ambientales potenciales
4. Educar y escuchar a los empleados y a la población.
5. Establecer un plan de reducción, metas y prioridades.
6. Implementar el plan de reducción.
7. Medir y evaluar el plan.
8. Comunicar el programa.
9. Integrar el concepto de reducción en la planeación.
10. Mejorar las prácticas operativas de producción.

---

Otro autor (Pojasek)<sup>11</sup> señala que en la implementación de un programa de reducción de contaminantes en una compañía, la administración debe trabajar con un “menú” completo de todas las opciones consideradas, para lo cual se sugiere examinar a detalle los siguientes factores:

- Implementación y factibilidad
- Riesgo para la producción y el control de calidad
- Consideraciones legales de normatividad y reglamentación
- Costos y reembolsos de inversión
- Riesgos de la salud y protección al ambiente

Este mismo autor sugiere además que se debe tener mucho cuidado en comunicar con claridad el programa a los siguientes participantes:

- Gerencia y administración
- Empleados y población
- Personal de producción
- Autoridades
- Compañías aseguradoras
- Consumidores

Así mismo, sugiere que se debe seguir la secuencia de actividades de la figura 3.4, subrayando la aplicación de la última de ellas de volverlo a realizar. Esto último para asegurar que sea un programa continuo y no sólo de una sola vez.

El programa de PC constituye a través del análisis del ciclo de vida de un producto, una de las salidas para el estudio de las opciones de evaluación del manejo de los residuos (reducción en la fuente y reciclaje). La PC puede aplicarse en cualquier etapa del ciclo de vida de un producto, ya que algunos cambios que sean aplicados a alguna etapa de producción dada puede resultar quizás en un impacto negativo o de generación de residuos en otra etapa. Por ejemplo, cuando se instalan incineradores como equipo de control de tóxicos, se pueden generar grandes cantidades de aguas residuales con sustancias peligrosas de los lavadores de gases.

La aplicación adecuada de un programa de PC en un diseño de un CVP, permite precisamente identificar y evaluar la magnitud de la generación de contaminantes, así como las oportunidades para reducir los impactos ambientales asociados con un producto específico, proceso o actividad, o de los posibles efectos de las opciones diseñadas para crear un producto bajo el principio de utilización de los recursos ambientales.

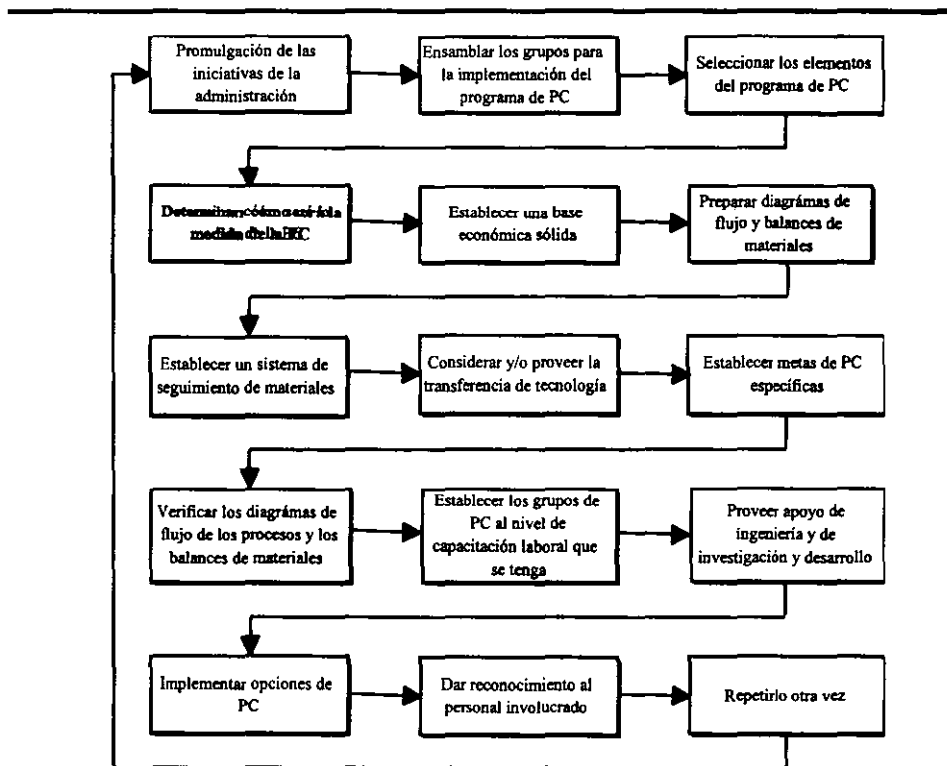


Figura 3.4 Esquema de actividades de Pojasek para implantar un programa de PC<sup>1</sup>

### 3.3 Concepto de sistema productivo

Los hombres inician y operan los sistemas de producción para satisfacer las necesidades de la comunidad. La realización de diversos productos nace con los deseos del mismo hombre, habiendo creado una infinidad de productos desde los más simples hasta los más complejos. La aceptación de cada uno de estos productos que recibe es una medida de calidad del diseño del sistema productivo. Un buen diseño se ajustará a las satisfacciones de los consumidores, además no sólo debe ajustarse al objetivo de productividad, sino que también debe entregar un producto de calidad adecuado a un precio aceptable para el mercado en donde es solicitado. Como se puede observar, para iniciar cualquier actividad de producción es necesario diseñar un sistema. Al hablar de producción en realidad se está refiriéndose a todo un sistema productivo,

---

que es el proceso específico por medio del cual los elementos se transforman en productos útiles. En la figura 3.5 se muestra gráficamente un esquema de un sistema productivo<sup>12</sup>:

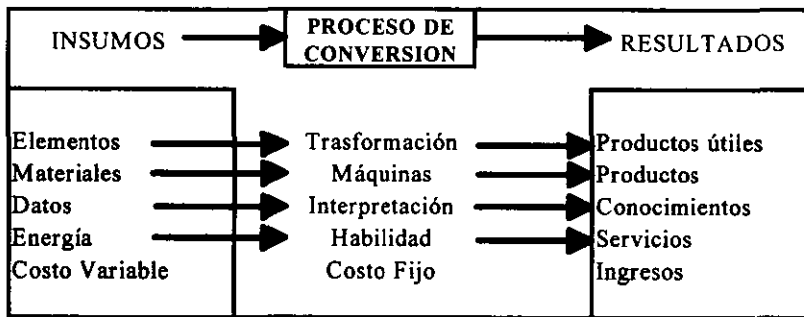


Figura 3.5 Esquema de un sistema productivo<sup>12</sup>

Un sistema productivo se puede resumir en cuatro etapas básicas : producto, proceso, distribución y dirección. A continuación se describe cada una de dichas etapas<sup>12</sup>.

**Producto:** Consiste en todos los materiales que constituyen el producto final e incluye todas aquellas formas de los diferentes materiales en cada paso del sistema productivo. El producto es el resultado más palpable de la interrelación entre mercadotecnia y producción; no basta con que el consumidor necesite el producto : la organización debe tener la capacidad para producirlo. Por tanto, todas las funciones de la compañía debe concordar en asuntos tales como:

- a) Rendimiento
- b) Estética
- c) Calidad
- d) Precio de venta o costos de producción
- e) Fechas de entrega

Para ponerse de acuerdo sobre los puntos anteriores se debe tener conocimiento de los factores externos e internos que anteriormente se mencionaron.

**Proceso:** Un proceso es un procedimiento organizado para lograr la conversión de insumos como lo es materia prima y energía, en resultados. El proceso incluye el uso directo o indirecto de otros materiales. La decisión de fabricar el producto se toma junto con las necesidades



---

técnicas y organizativas del producto, de la organización y del personal. Al decidir sobre un proceso es necesario examinar factores tales como:

- a) Capacidad disponible
- b) Habilidades disponibles
- c) Tipo de producción
- d) Distribución de la planta y del equipo
- e) Seguridad
- f) Necesidades de mantenimiento
- g) Costos previstos

**Distribución:** La distribución consiste en el sistema de empaque, embalaje y transportación de productos. Esta es una de las etapas que ocasionan sin lugar a duda un gran impacto ambiental, si no se cuenta con los vehículos de transportación en buen estado. A veces la distribución es considerada como un elemento del ciclo de vida (entre la manufactura y su uso), pero en un sistema productivo, la distribución es el vínculo en todas las etapas, porque los materiales deben ser transportados de una estación de trabajo a otra, realizándose desde la extracción de la materia prima hasta que el producto final llega a manos del consumidor.

**Dirección:** Maneja toda la información a lo largo del sistema productivo, información que proporcionará los elementos necesarios para llevar a cabo la toma de decisiones. Incluye la planeación, la organización, el manejo de personal, define constantemente la misión de la empresa, revisa la situación financiera, los aspectos legales, y todo aquello que sea necesario para poder llevar a cabo un sistema productivo que dé resultados óptimos.

Los tres últimos componentes de un sistema productivo: proceso, distribución y dirección comparten los siguientes subcomponentes:

- ◆ **Distribución de planta:** La palabra "distribución" se emplea para indicar la disposición física de la planta y de las diversas partes de la misma. En consecuencia, la distribución comprende tanto la colocación del equipo en cada departamento como la disposición de los departamentos en la planta. La distribución afecta a la organización de la planta y por tanto a la productividad de la misma, ya que depende mucho de esto la velocidad con la que fluye el trabajo por unidad de proceso, por tanto el problema de la distribución de la planta es de importancia fundamental para la organización. En consecuencia es necesario tomar las decisiones correctas de organización, método y flujo de trabajo antes de proyectar la planta, en vez de proyectarla primero y luego adaptar la organización, los métodos y los flujos de trabajo.

En un sentido amplio, una planta puede distribuirse de dos maneras, ya sea tratando de satisfacer las necesidades del producto (distribución orientada al producto) o de satisfacer

---

---

las necesidades del proceso (distribución orientada al proceso). Una buena distribución de planta puede traer como consecuencia ventajas tales como:

- a) El tiempo y costo del proceso general se minimizará reduciendo el manejo innecesario e incrementando en general la eficacia de todo el trabajo.
- b) La supervisión del personal y el control de producción se simplificarán eliminando los rincones ocultos donde tantos hombres como materiales permanecer indebidamente.
- c) Los cambios de programación se realizarán con mayor facilidad

◆ **Manejo de materiales:** El objetivo primordial de un sistema eficiente de manejo de materiales es el movimiento de materia prima, componentes comprados, componentes de manufactura interna, subensambles y productos terminados hacia el sitio indicado en el momento apropiado. El manejo de materiales se aplica en cualquier tipo de operación a lo largo de cualquier sistema productivo. Para muchos productos y servicios, el costo de manejo de materiales constituye una parte sustancial de los costos totales. Dicho de otra manera, la productividad total de una unidad operacional puede quedar afectada por la forma en que está diseñado e instalado y en qué se mantiene el sistema de manejo de materiales. Este sistema siempre debe contar con tres factores: material, movimiento y método. El manejo de materiales y la distribución de planta están estrechamente interrelacionados. Por tanto, siempre que se busca el mejoramiento de la productividad a través del sistema actual de manejo de materiales, se debe tener cuidado de evaluar los cambios esperados en la configuración de la distribución de las instalaciones que a su vez pueden afectar a más de uno de los elementos básicos de insumo en la productividad total.

◆ **Mano de obra:** La productividad del trabajo depende mucho de la actitud de los trabajadores. Esta actitud a su vez depende en gran parte de que su trabajo esté bien remunerado. Casi todo aquel que estime que su trabajo esté bien remunerado procurará hacer en forma eficiente su trabajo. La productividad cuenta con todo el personal de una industria y aumenta cuando el personal de la empresa está convencido de los esfuerzos y del trabajo que esté desempeñando.

◆ **Mantenimiento:** Es un enfoque formal al mantenimiento de la maquinaria y equipo disponible actualmente para ayudar a que funcionen de acuerdo a las características del funcionamiento y confiabilidad. Se trata de una herramienta administrativa que con frecuencia se descuida pero puede ser un medio muy efectivo de disminuir los costos de mantenimiento y contaminación aumentando la productividad humana, la productividad del capital fijo y la productividad de energía en la mayoría de los casos.

---

El mantenimiento aporta muchos beneficios como es la disponibilidad de tiempo de una máquina para la producción, lo que proporciona una producción más alta y menores costos de máquina por hora; se incrementa la productividad de la mano de obra en las áreas de producción; se reduce el tiempo que paran las máquinas para mantenimiento y con esto el insumo humano; y debido a una reducción general en horas extra, el costo de la operación de mantenimiento en sí disminuye. Un programa de mantenimiento es una técnica efectiva para obtener el mayor rendimiento de la maquinaria y equipo existente. Por lo tanto, casi siempre es probable que aumente la producción y disminuye el insumo humano así como la posible contaminación que puedan producir las máquinas.

Un sistema productivo es una colección de componentes interactuantes como se puede observar, ya que los elementos mencionados anteriormente son vitales para el funcionamiento de este sistema, la ruptura de cualquiera de ellos significará pérdidas para la industria. Cada componente podría ser un pequeño subsistema en sí mismo y cada uno se distingue por los objetivos que cada uno debe alcanzar para que el sistema productivo total también alcance las metas propuestas. Es análogo a una carrera de relevos entre el desarrollo de sistemas cada vez complejos y el desarrollo de métodos eficientes de dirección para controlarlos.

#### **3.4 Aplicaciones del Ciclo de Vida y de la Prevención de la contaminación en los Sistemas Productivos**

Como se mencionó anteriormente, un sistema productivo es el proceso de manufactura por medio del cual los elementos (materia prima) se transforman en productos útiles. Está caracterizado por la secuencia insumos - conversión - resultados, la misma que se aplica a una gran variedad de actividades humanas<sup>13</sup>. En la implementación del ciclo de vida en los sistemas productivos no sólo se busca la disminución de la generación de contaminantes ambientales, sino que también se pueden llegar a obtener beneficios económicos.

Durante el ciclo de vida, los productos intermedios y los residuos generados durante un proceso de fabricación representan sólo la parte correspondiente al abastecimiento del sistema productivo. El lado de la demanda corresponde al consumidor que adquiere productos manufacturados y crea, a su vez, residuos que podrían constituir la materia prima para el siguiente ciclo de producción.

Si se desea que el método del ciclo de vida de los productos se generalice, entonces los cambios en los procesos deben hallar su contrapartida en las tendencias de consumo de los usuarios y en el tratamiento de los materiales después de ser comprados y utilizados.

Los productos defectuosos al final del sistema productivo que se desechan en ocasiones pueden reciclarse incorporándose nuevamente al sistema. Si esto no llega a ser factible o resulta demasiado costoso, es posible que se puedan transformar en otros artículos. O bien,

---

puede venderse el material desechado como materia prima para otro producto y entrar a otro ciclo de vida.

La mayoría de los residuos de los consumidores consiste en materiales orgánicos y plásticos que fácilmente se podrían reciclar, quemar para producir energía o transformar en abonos compuestos. En cambio, se disponen en tiraderos que pueden contaminar los mantos acuíferos, provocar malos olores, enfermedades e incluso dar una pésima apariencia al lugar donde se encuentre este vertedero. La creación del ciclo de vida de los productos es una opción viable y deseable desde el punto de vista de la prevención de la contaminación ambiental, además de que puede resultar altamente rentable. Por ejemplo; cada sistema productivo puede y debe contar con varios ciclos de vida de los productos. La interconexión entre estos sistemas y los ciclos de vida puede ser un análisis complejo pero también una oportunidad de reducir la contaminación ambiental.

Cabe mencionar que un sistema productivo eficiente puede ayudar a reducir los impactos ambientales producidos por la extracción de materia prima y las actividades industriales de manufactura. En estos sistemas existen niveles en donde es posible insertar un intercambio de materiales. En la figura 3.6 se muestra como un sistema productivo puede llevar a cabo varios ciclos <sup>13</sup>:

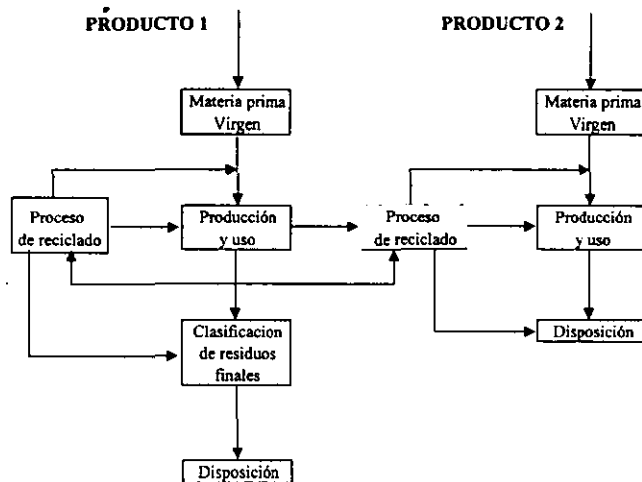


Figura 3.6 Sistema productivo con procesos de reciclado<sup>13</sup>

---

El ciclo de vida de los productos puede ser una herramienta técnica para analizar el impacto ambiental que está provocando el sistema productivo, además de ayudar a balancear la línea de producción, ya que hay que recordar que si en un proceso entra cierta cantidad de materia, debe de salir esa misma cantidad de materia optimizando de esta forma la producción. Sin embargo, el CVP no puede por sí sólo asegurar la reducción de la carga de impacto de contaminantes descargados al ambiente, por lo que la propuesta es establecer un programa de prevención de contaminación ambiental en cualquiera de sus etapas para que una vez agotadas las opciones de reducción en la generación de residuos se proceda a la implementación de sistemas de control.

### **3.5 Costos de la prevención de la contaminación**

Al evaluar el costo del programa de PC a implementar, es necesario estudiar las consecuencias económicas y ambientales que pueda traer consigo; por ejemplo, el costo del equipo para reducir o controlar la contaminación del aire, agua o suelo. En general los costos pueden dividirse en cuatro categorías, de la siguiente forma<sup>3</sup>:

- 1) **Costos de los daños.**- Los costos resultantes de daños directos tales como efectos en cosechas, salud, materiales, etc., y los costos por multas y sanciones económicas por problemas de incumplimiento con normatividad.
- 2) **Costos de prevención de la contaminación ambiental.**- Los costos económicos y sociales de los esfuerzos por evitar los daños causados por la contaminación ambiental, pueden ir desde los gastos ocasionados por la instalación de equipo para controlar las emisiones hasta el traslado a las zonas industriales designadas.
- 3) **Costo de minimización.**- Los costos de los recursos dedicados a reducir la cantidad de contaminantes.
- 4) **Costo de transacciones.**- Los costos correspondientes a los recursos utilizados en la investigación, planificación, la administración y la vigilancia para el control de la contaminación ambiental.

En general se sugiere que, los costos del control de la contaminación deben distribuirse entre la sociedad y la industria. A medida que se aplican medidas de control para la contaminación ambiental disminuyen los costos para la sociedad y aumentan los costos de la industria. Con la aplicación de un programa de PC al análisis del ciclo de vida de los productos puede encontrarse un punto óptimo en que estos dos costos estén distribuidos de manera adecuada, tal como se muestra en la figura 3.7. Dado que la industria generalmente pasa sus

---

costos al consumidor, éste puede considerarse el punto en que la sociedad empieza a asumir el pago indirecto de estos costos e incluso participar directamente con el ciclo de vida de los productos al reciclar sus residuos: Sin embargo, en algunas situaciones competitivas esos costos no se pasan al consumidor<sup>3</sup>. En la figura 3.7 se muestra la distribución de los costos de la contaminación entre la sociedad y la industria.

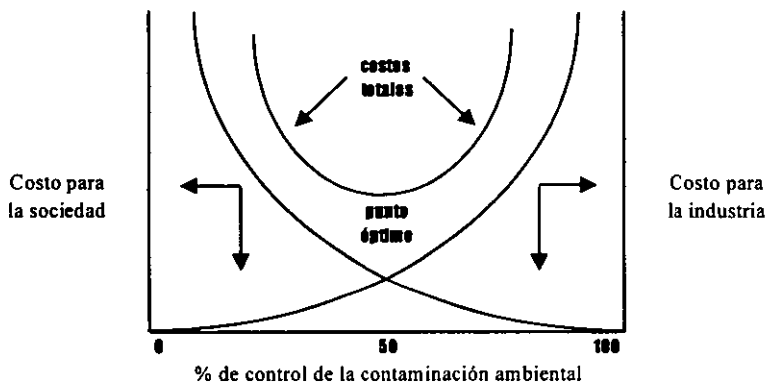


Figura 3.7 Punto de equilibrio del costo de la contaminación <sup>3</sup>

El control de la contaminación ambiental debe incluirse como parte del costo de producción de las plantas industriales. El costo extra (normalmente entre el 1% y el 10% de los gastos de capital de la planta) puede pasarse generalmente al consumidor en el precio del producto, o deducirse de las ganancias brutas de la planta cuando no es posible elevar el costo del producto.

El costo del control de la contaminación industrial varía de industria a industria e incluso en la misma industria según las plantas. Las principales razones para estas variaciones dentro de una industria dada son:

- ◆ El grado de tratamiento empleado
- ◆ La inclusión o exclusión de costos destinados a ayudar en la producción al igual que a reducir la contaminación
- ◆ La diferencia en las unidades de tratamiento seleccionadas para lograr objetivos similares
- ◆ La cantidad de diseño y construcción que se hace en realidad en la planta y no se considera de manera uniforme como parte del costo
- ◆ El tamaño de la instalación de tratamiento

---

Todos los costos antes mencionados pueden ser reducidos al implementar programas de prevención de la contaminación ambiental en las distintas etapas del ciclo.

Desgraciadamente los incentivos económicos no bastan por sí solos para instaurar el ciclo de vida de los productos. Los procesos tradicionales de fabricación están pensados para que puedan proporcionar las máximas facilidades de operación para los trabajadores e industriales y los máximos beneficios para los consumidores de un producto determinado en un sistema económico, sin mayores consideraciones sobre el beneficio del sistema en su conjunto. Hay que pensar en enfoques que permitan aproximarse al equilibrio adecuado entre beneficios económicos estrechamente definidos y exigencias de protección ambiental.

De esta forma, la industria podrá abaratar sus costos sin perder competitividad siempre que se esté siguiendo un método económico racional que justifique los costos globales y los beneficios.

---

## Guía para la Prevención de la Contaminación Ambiental

Como se mencionó anteriormente, la prevención de la contaminación es la metodología que reduce el uso de materiales, procesos, o prácticas que reducen o eliminan la generación de contaminantes o residuos en la fuente. Esto incluye prácticas que reducen el uso de materiales peligrosos y no peligrosos, energía, agua o de otra fuente así como el uso más eficiente de los recursos naturales.

Un programa de prevención de la contaminación es una evaluación continua de las operaciones con el objetivo de minimizar todos los tipos de residuos. Con un programa de prevención de contaminación eficiente se obtendrá:

- Reducir los riesgos de responsabilidad penal y civil
- Reducir costos de operación
- Favorecer el estado de ánimo y participación del personal
- Mejorar la imagen de la empresa en la comunidad
- Proteger la salud pública y el medio ambiente

El objetivo de esta guía es ayudar al desarrollo de un programa de prevención de contaminación ambiental para la industria, ayudando a decidir qué aspectos de las operaciones pueden evaluarse y cómo realizar la evaluación. Esta guía ha sido integrada a partir del documento "Facility Pollution Prevention Guide" de la US EPA (1992)<sup>7</sup>, para el caso de México.

### *¿Cuál es la meta de la Prevención de la Contaminación ?*

La prevención de la contaminación es la metodología cuya meta es la de obtener la máxima reducción posible de todos los residuos generados en el sitio de producción. Esto incluye el uso eficiente de los recursos a través de la reducción en las fuentes, ahorro de energía, reuso de materiales durante la producción y la reducción del consumo de agua.

Existen dos métodos generales para la reducción de las fuentes que pueden ser usados en los programas para la prevención de la contaminación: 1) cambios en el producto y 2) cambios en los procesos. Dichos cambios reducirán el volumen y peligrosidad de los residuos que se generen y del producto terminado durante su ciclo de vida y en su disposición final. Los cambios en la composición de los productos o en el uso de los productos finales o intermedios, son realizados durante su manufactura con el propósito de reducir estos residuos durante cualquiera de estas etapas.

Los cambios en los procesos están relacionados en cómo está fabricado el producto. Esto incluye cambios en la materia prima, tecnología y el mejoramiento de las operaciones.

---



Tales cambios reducen el volumen y la toxicidad de los residuos de la producción y de contaminantes durante el proceso de manufactura. Las prácticas operativas pueden ser implementadas más fácilmente y con un menor costo que los cambios en la materia prima y en la tecnología<sup>13</sup>. En la figura 4.1 se muestran los métodos para la reducción de residuos contaminantes en las fuentes.

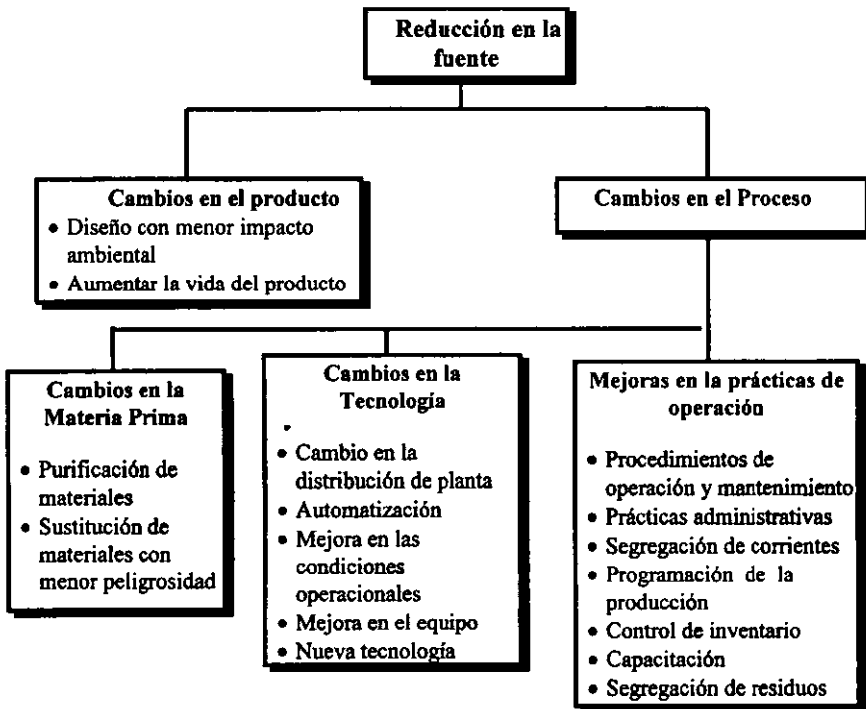


Figura 4.1 Métodos para la reducción de fuentes contaminantes<sup>13</sup>

*¿Qué no es prevención de la contaminación?*

Hay diversas medidas de control de contaminantes, estas son aplicadas después de la generación de residuos. Por lo tanto, estas medidas no se consideran como prevención de la contaminación sino como control de la contaminación. En la tabla 4.1 se muestran algunos ejemplos de los sería el manejo de residuos que no son prevención de la contaminación<sup>7</sup>.

Tabla 4.1 Metodología de control de contaminación que no son PC porque se realizan después de la generación de residuos<sup>7</sup>

<p><b>• Reuso fuera de la industria</b></p> <p>El reuso fuera de la industria es una excelente opción para el manejo de residuos. Sin embargo, crean contaminación durante su transporte y durante el procedimiento de reciclado.</p>
<p><b>• Tratamiento de residuos</b></p> <p>El tratamiento de residuos involucra cambios en la forma o composición de un residuo a través de reacciones controladas para reducir o eliminar la concentración del contaminante. Ejemplos típicos son: la incineración, descomposición, estabilización, solidificación, etc.</p>
<p><b>• Concentración de los componentes peligrosos o tóxicos para reducir el volumen</b></p> <p>Las operaciones de reducción de volumen tales como la eliminación de agua, es una aproximación de tratamiento útil, pero no previenen la creación de contaminantes. Por ejemplo, la filtración a presión y secados de lodos de metales pesados antes de su disposición, disminuye el contenido de agua en el lodo y del volumen de residuo, pero no disminuyen el número de moléculas de metal pesado en el lodo.</p>
<p><b>• Dilución de componentes para reducir su toxicidad o peligrosidad</b></p> <p>La dilución es aplicada a una corriente de residuos después de su generación y no reduce la cantidad absoluta de constituyentes peligrosos que ingresan al ambiente.</p>
<p><b>• Transferencia de componentes peligrosos o tóxicos de un medio a otro.</b></p> <p>En muchos casos el manejo de residuos, su tratamiento y las prácticas de control usadas hasta la fecha sólo colectan los contaminantes y los transfieren de un medio a otro. Un ejemplo es el lavado de compuestos de azufre productos de la combustión.</p>

#### 4.1 Desarrollo del Programa de Prevención de la Contaminación

La planeación de un programa de prevención de la contaminación (P.P.C.), consiste de una evaluación amplia y continua de como una empresa lleva a cabo sus actividades y de como el programa resultante afectará muchas áreas funcionales de dicha compañía. Por esto, tiene mucho en común con la planeación pues en ambos se requiere de un análisis objetivo de cada operacin en el sistema productivo. En la figura 4.2 se ilustran los pasos que se debe seguir para la implantación de un programa para la prevención de la contaminación ambiental<sup>7</sup>.

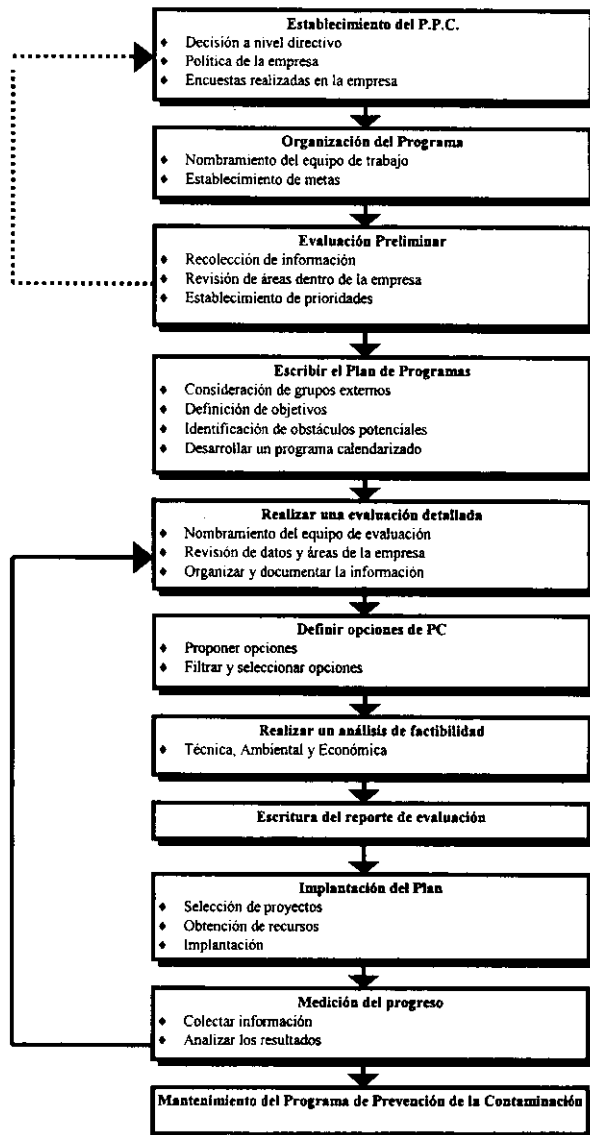


Figura 4.2 Diagrama del Programa de Prevención de la Contaminación (P.P.C.)<sup>7</sup>

---

La iniciativa para la implantación de un programa de prevención de la contaminación deberá ser tomada por la dirección. En otras, los subdirectores o los empleados serán los catalizadores. En cualquiera de estos casos será necesario obtener toda aquella información que demuestre que existen oportunidades para la PC que deberán ser exploradas. Esta información será utilizada por los directivos para que ponderen el valor potencial de la PC y decidan, como comprometer los recursos necesarios para desarrollar e implementar el programa.

Una forma de obtener esta información es desarrollar una evaluación preliminar. Esta evaluación preliminar, es parte de los esfuerzos para diseñar un programa de prevención. Sin embargo, una evaluación preliminar de alto nivel de una a dos áreas de la empresa puede ayudar a reunir información, y quizás, se identifiquen varias técnicas de PC económicas de recuperación rápida de costos que puedan ser implementadas fácilmente.

Una vez que los directivos hayan decidido establecer un P.P.C., deben transmitir este compromiso a todos los empleados a través de comunicaciones acordes a la política de la empresa. Esto permitirá establecer un sistema para comunicar y transmitir un compromiso formal de la organización.

El personal podrá contribuir al éxito de la implantación de los P.P.C., alentándolos por medio de bonos, u otras formas de premiación. A menudo se deberá proporcionar motivación y aumentar la participación y cooperación del personal. En muchos casos, es importante enfatizar el compromiso de la empresa hacia la PC para así estimular la participación. Esto dará como resultado una atmósfera positiva de participación en los empleados y obreros. Por lo general, el personal de las empresas se sienten más comprometidos cuando:

- Ayudan a definir las metas y objetivos de la empresa.
- Revisan los procesos y operaciones para determinar dónde y cuántas sustancias peligrosas son usadas, cómo son usadas y los residuos peligrosos que se están generando.
- Sugieren formas para eliminar o reducir la generación de residuos de producción a su fuente.
- Diseñan o modifican los métodos de registros para monitorear materiales usados y residuos.
- Encuentran métodos para aumentar la concientización y participación de proveedores y de clientes.
- Proponen formas para agradecer y recompensar las contribuciones de los empleados en el esfuerzo para llevar a cabo el P.P.C.

---

## 4.2 Organización del Programa de Prevención de Contaminación (P.P.C.)

### *Nombramiento del equipo de trabajo*

El programa de prevención de la contaminación (P.P.C.) deberá ser dirigido por un equipo de trabajo seleccionado cuidadosamente. La primera tarea de este equipo será delinear las metas del programa.

El equipo seleccionado, tendrá toda la responsabilidad del desarrollo del P.P.C. y de su implantación. La ejecución exitosa del P.P.C. requerirá integración y continuidad de la planeación e implantación, modificación y mantenimiento de sus diferentes etapas. Por eso, todos los integrantes del equipo deberán tener suficiente capacidad técnica de negociación y de comunicación, así como un conocimiento profundo de la empresa. La responsabilidad y autoridad de cada individuo se establecerá durante la organización del programa.

El director o líder del programa deberá ser nombrado a partir del nivel práctico más elevado. Este líder tendrá la autoridad e influencia necesaria para mantener el programa en marcha y para asegurar que la PC se convierta en parte integral de todo el plan corporativo. El papel del líder es facilitar el flujo de información hacia todos los niveles de la compañía y debe contar con las cualidades necesarias para obtener todo el apoyo de los empleados y obreros de la empresa.

Los otros miembros del equipo de trabajo podrán ser seleccionados tomando como base su experiencia y/o capacidad técnica o de negociación. Los ingenieros de proceso, producción o control ambiental de la planta, los supervisores de producción y obreros de producción en línea con mucha experiencia son buenos candidatos. Otros miembros potenciales son los encargados de compras y de control de calidad. En algunos casos se recomienda que consultores externos puedan ser contratados en apoyo al grupo interno.

### *Establecimiento de metas*

Los líderes del programa necesitan establecer metas que permitan definir la dirección a largo plazo del P.P.C.. Metas bien definidas ayudarán a enfocar esfuerzos y a establecer un consenso. Las metas deberán ser consistentes con la política de prevención de contaminación de la empresa y, de hecho, pueden ya haber sido establecidas en forma de términos generales en los estatutos políticos de la misma. El proceso de establecimiento de las metas deberá involucrar al líder del programa y la dirección o administración de la compañía. El tamaño del grupo para fijar estas metas depende de las dimensiones y complejidad de la planta. En el caso de empresas pequeñas, el grupo podrá ser de dos o tres personas.

---

Ya que el éxito de un PC puede requerir de cambios básicos en la cultura corporativa, las metas deberán ser útiles y significantes para cada uno de los empleados. Las metas deberán ser lo suficientemente comprometedoras para motivar pero no irracionales o imprácticas. Las metas deberán ser o estar:

- ◆ bien definidas
- ◆ de importancia para todos los empleados
- ◆ flexibles
- ◆ parte de un programa de planeación

Las metas de un P.P.C. pueden ser cualitativas, por ejemplo, “ lograr una reducción significativa de emisiones de sustancias peligrosas hacia el ambiente ”. Las metas cuantitativas son más difíciles de desarrollar pero son recompensables del esfuerzo extra.

Finalmente, las metas deben ser flexibles y adaptables dado que las condiciones cambian en la práctica real. Conforme el P.P.C. se involucre más en aspectos específicos de contaminación, la operación será mejor conocida, y en consecuencia, las metas pueden ser reafirmadas.

#### **4.3 Evaluación preliminar,**

Aunque se tengan algunos aspectos completos de la evaluación preliminar como entrada, para la decisión ejecutiva para desarrollar el programa de prevención de la contaminación, será necesaria una profunda evaluación en este punto. La recopilación de información es una parte de la pre-evaluación que ayudará al equipo a revisar los datos disponibles y a comenzar a definir las formas para procesar la información. Esta información y las visitas de los sitios permitirá al equipo de trabajo establecer prioridades y procedimientos para evaluaciones más detalladas.

##### *Recopilación de la información*

La complejidad y extensión de los sistemas para la recopilación de información para la prevención de la contaminación deberá ser consistente con las necesidades de la compañía. Se debe tener cuidado de que la meta del programa es la prevención de la contaminación, no la reunión de información. Dependiendo de la naturaleza de la empresa, muchos de los datos necesarios para el programa de prevención de la contaminación pueden ser recolectados como una actividad normal de las operaciones de la planta. Las hojas de trabajo del capítulo 7 pueden ser usadas como guías de pre-evaluación.

---

Una aproximación "multimedia" que involucre el interés en el aire, agua y generación de residuos sólidos y otros contaminantes, será la más efectiva. Esto involucra el considerar a todas las corrientes de residuos, la identificación de sus fuentes y la cuantificación de los costos verdaderos del control de la contaminación, tratamiento y disposición de residuos asociados a cada corriente. Las fuentes de información que deben consultarse son:

Reportes de inventarios de emisiones y/o descargas residuales que se deben presentar regularmente a las autoridades, incluyendo manifiestos de envío de residuos peligrosos a disposición final.

Datos de operación e ingeniería. Los documentos de diseño de la planta y manuales de operación del equipo y de los procedimientos del proceso, pueden proveer datos de las corrientes y flujos dentro de la planta.

Registros de inventarios, compras y ventas. Los registros históricos del control de inventario, compras, contaduría, marketing, y administrativos pueden suministrar datos necesarios para la pre-evaluación y pueden por sí mismos ser oportunidades para establecer alguna meta de PC. Por ejemplo, el mejoramiento del control de inventario y de compra regulada de materias primas, puede evitar la acumulación de materiales que con el tiempo se tornan caducos, con lo que se reduce el volumen de materiales potencialmente peligrosos en la planta.

#### *Revisión de áreas dentro de la planta*

A fin de utilizar razonablemente los recursos de tiempo, personal, y dinero, el equipo de trabajo necesitará priorizar los procesos, operaciones y residuos que serán abordados durante la fase de evaluación. Durante esta fase, el equipo se centrará en los problemas de residuos más importantes para moverse hacia los problemas menos prioritarios conforme lo permitan los recursos. Las visitas de pre-evaluación proporcionarán la información necesaria para realizar esta priorización y para designar los grupos de evaluación detallada, quienes serán seleccionados por su experiencia en áreas particulares.

#### *Establecimiento de prioridades*

La asignación de prioridades a los procesos, operaciones y materiales debe estar enfocada hacia toda la secuencia restante del plan del programa de prevención de la contaminación (ver figura 4.2).

---

---

Las prioridades establecidas en esta etapa serán las guías para la selección de las áreas que serán evaluadas con mayor detalle. La siguiente lista presenta algunos criterios para la asignación de prioridades, aunque se recomienda priorizar áreas basándose en el volumen y características de residuos producidos o bien, basándose en el costo de su control o disposición final:

- Cumplimiento con regulaciones presentes y propuestas
- Costo del manejo de residuos (control de contaminantes, tratamiento y disposición)
- Potencial de responsabilidad legal ambiental y de seguridad
- Cantidad de residuos
- Características de residuos peligrosos (incluyendo toxicidad, flamabilidad, corrosividad, reactividad, y peligrosidad biológico-infecciosa)
- Otros peligros de riesgo para los empleados
- Potencial para P.C.
- Potencial para eliminar los cuellos de botella en producción o tratamiento de residuos
- Potencial para recuperar los subproductos valiosos
- Presupuesto disponible para el programa de evaluación de la P.C. y proyectos
- Minimización de descargas de aguas residuales
- Reducción en el uso de energía.

#### **4.4 Preparación del Programa**

Con la información obtenida durante la evaluación preliminar, el equipo de trabajo puede desarrollar un programa detallado. Este plan incluirá el alcance hasta el cual se involucrarán organizaciones externas, la definición de los objetivos del P.P.C., la identificación de los obstáculos potenciales y posibles soluciones, y definirá los procedimientos de obtención de datos y análisis que serán utilizados. Los puntos más importantes de este programa se encuentran resumidos en la siguiente lista:

- ◆ Manifestación de la política corporativa para apoyar el programa de prevención de la contaminación.
- ◆ Descripción del equipo de planeación, autoridades y responsables del P.P.C..
- ◆ Descripción de cómo trabajarán todos los grupos (producción, laboratorios, mantenimiento, compras, mercadeo, ingeniería, etc.) para reducir la producción de residuos y el consumo de energía.
- ◆ El plan para informar y lograr amplio apoyo de la compañía para el P.P.C.
- ◆ El plan para informar de los éxitos y fallas del P.P.C.



- 
- ◆ Descripción de los procesos que producen, usan y generan materiales tóxicos y peligrosos, incluyendo una definición clara de la cantidad y tipos de sustancias, materiales o productos bajo consideración.
  - ◆ Lista de facilidades para el tratamiento, disposición o reciclaje y transporte utilizado.
  - ◆ Revisión preliminar de los costos de control de contaminantes y disposición de residuos.
  - ◆ Descripción de las actividades pasadas y presentes de prevención de la contaminación en la planta
  - ◆ Evaluación de la efectividad de actividades de PC anteriores y de las que están en operación.
  - ◆ Criterio para priorizar áreas de producción, secciones de la planta, procesos y corrientes de flujo para establecer proyectos de PC.

#### *Consideración de grupos externos*

El personal seleccionado podrá considerar apoyo técnico del exterior de la empresa. La inclusión de la comunidad alrededor de la planta en el proceso de planeación del P.P.C. puede crear un nuevo escenario de comunicación. De esta manera puede intercambiarse información técnica valiosa que incluso puede ser también intercambiada con algunas organizaciones.

#### *Definición de objetivos*

Durante la fase de evaluación preliminar, el equipo de programación habrá identificado las oportunidades para la PC y se habrá coordinado con los directivos para establecer las prioridades. Estas prioridades serán el punto de arranque para definir los objetivos a corto y largo plazo. Los objetivos son los compromisos de trabajo que serán necesarios para alcanzar las metas. Por ejemplo, para alcanzar una meta de reducción de residuos, los objetivos pueden ser definidos como la reducción de solventes, papel y/o residuos de embalaje a través de cantidades específicas en un periodo de tiempo determinado. Los objetivos deben de ser determinados en términos cuantitativos estableciendo fechas de resultados. Estos atributos hacen que los objetivos sean herramientas efectivas para asegurar la gestión y medir el progreso del programa.

#### *Identificación de obstáculos potenciales*

Es probable que el equipo de trabajo seleccionado al iniciar el desarrollo e implantación de un P.P.C., encuentre un número de factores que compliquen el proceso. Estos factores necesitan ser reconocidos o definidos los medios para aplicarlos. La combinación de factores y

---

el grado relativo de dificultad varía de empresa a empresa, ya sea como los factores económicos, técnicos, normativos e institucionales.

#### *Desarrollo del programa calendarizado*

El último aspecto para la planeación del P.P.C. es la elaboración de un esquema programado con cada una de las etapas desde la evaluación detallada a través de la implantación y la asignación de fechas meta realísticas. La ejecución de estas etapas deben seguir esta programación rigurosamente. La ocurrencia de desviaciones significantes puede ocasionar que el programa falle o claudique.

#### **4.5 Fase de Evaluación Detallada**

Es probable que como parte del diseño del programa, se haya realizado una evaluación preliminar para identificar las áreas de oportunidad para aplicar el programa de prevención de la contaminación. El siguiente paso, es ahora la evaluación detallada en las áreas específicas detectadas y priorizadas en la evaluación preliminar. Para esto, serán nombrados equipos de evaluación por cada área operacional de la planta para obtener información para su análisis posterior. Así como fue para el caso de la evaluación preliminar, estos grupos utilizarán la información escrita disponible y las evaluaciones de las áreas ya desarrolladas. Sin embargo, explorarán mucho más a fondo cada proceso productivo, entrevistando a los trabajadores y compilando la información necesaria que no se había recopilado antes.

Durante este proceso, el equipo de trabajo podrá identificar algunas opciones que podrán ser implementadas en forma rápida con un bajo costo o riesgo. No obstante, es posible, que muchas opciones sean más complejas y requieran de un análisis más profundo posterior. Las áreas con experiencia que se deben considerar para integrar el equipo de evaluación detallada son:

- Dirección
- Ingeniería
- Control de Calidad
- Producción y Mantenimiento
- Contabilidad y Compras
- Departamento Jurídico
- Salud y Seguridad
- Investigación y Desarrollo

---

### *Revisión de datos y de los sitios de aplicación*

Probablemente existan muchas fuentes de información para un sitio dado. Gran parte de esta información puede haber sido identificada durante la evaluación preliminar. El personal de la evaluación detallada deberá buscar fuentes de datos adicionales que sean útiles en el estudio de los objetivos de los procesos, operaciones o las corrientes de residuos. Sin embargo, la mayor parte de sus esfuerzos deben ser dirigidos hacia una revisión exhaustiva del sitio y en el entrevistado de los empleados. Esto ayudará a entender la información previamente reunida e identificar factores que no estaban bien documentados. En la siguiente lista se muestra una guía para revisión de lugares:

- Preparar una agenda por anticipado que cubra todos los puntos que todavía requieran clarificación. Proporcionar al personal contactos en el área que será evaluada días antes de la inspección.
- Calendarizar la inspección para que coincida con la operación de interés (por ejemplo, adición de químicos, muestreos, baños por inmersión, arranques, etc.) en particular.
- Monitoreo de una operación a diferentes horas durante todos los cambios de turno, especialmente cuando la generación de residuos es altamente dependiente de la intervención humana (por ejemplo, limpieza de partes).
- Entrevistar a los operadores, supervisores de turno, jefes de área, etc., en el área evaluada. Discutir los aspectos de la generación de residuos durante la operación. Detectar que tan familiarizados están los operadores con los impactos que pueda tener su trabajo con otras operaciones.
- Fotografiar o grabar en video el área en cuestión, si es justificado y permitido. Las fotografías pueden ser valiosas cuando no se tenga el plano de la distribución de planta, y así se pueden captar detalles que fácilmente podrían ser olvidados.
- Verificación del grado de derrames en las operaciones de almacenamiento y mantenimiento. Evaluar la limpieza general del sitio, prestar atención a olores y humos.
- Evaluar la estructura organizacional y el nivel de coordinación de las actividades ambientales entre diversos departamentos.
- Evaluar los controles administrativos, tales como el costo de los procedimientos contables, los procedimientos de compra de materiales y los procedimientos de recolección de residuos.

Las preguntas típicas que pueden hacerse o que pueden contestarse en esta etapa son por ejemplo:

- ◆ ¿Cuál es la composición de las corrientes de residuos y de las emisiones generadas en la empresa? ¿Cuál es su cantidad?

- 
- ◆ ¿A partir de qué procesos de producción o tratamiento se generan estas corrientes o emisiones?
  - ◆ ¿Cuáles de estas emisiones son o quedarán sujetas a la normatividad en material ambiental?
  - ◆ ¿Qué materias primas y subproductos de alimentación generan estos residuos?
  - ◆ ¿Qué cantidad de materia se pierde por evaporación?
  - ◆ ¿Qué tan eficientes son los procesos de producción?
  - ◆ ¿Qué tan buenas son las prácticas de almacenamiento para limitar la generación de material residual?
  - ◆ ¿Qué controles de proceso ya están en uso para mejorar la eficiencia del producto?
  - ◆ ¿Se pueden reusar materiales o residuos?

#### *Organización y documentación de la información del proceso*

El proceso de análisis de la información involucra la preparación del material y de los balances de energía como una forma para analizar las fuentes de contaminantes y las oportunidades para su eliminación. Tal balance, es un sistema organizado de contabilidad para el flujo, la generación, consumo y acumulación de masa y energía en un proceso. En su forma más simple y de acuerdo al principio de conservación de masas este balance se expresa como:

$$\text{Masa que entra} = \text{Masa que sale} - \text{La masa que se genera} + \text{La masa que se consume} + \text{La masa que se acumula}$$

Si no hay reacciones químicas y el proceso ocurre en estado estacionario, el balance de materiales para cualquier compuesto o constituyente es:

$$\text{Masa que sale} = \text{Masa que entra}$$

El primer paso para la preparación de un balance es dibujar un diagrama de proceso, el cual es un medio visual para organizar la información del flujo de materia y energía y de la composición de las corrientes que entran y salen del sistema. Tal diagrama muestra las

---

---

fronteras del sistema, todas las corrientes que entran y dejan el sistema y los puntos en los que se generan los residuos.

Las fronteras deben ser seleccionadas de acuerdo a los factores que son importantes para medir el tipo y la cantidad de contaminación a ser evitada, la calidad del producto y el costo del proceso. La cantidad del material que entra deberá ser igual a la cantidad que sale, corregida por la acumulación y creación o destrucción.

Un balance de materiales puede ser calculado por cada componente que entra y sale del proceso. Cuando ocurren reacciones químicas en un sistema, existe la ventaja de realizar el balance con los elementos involucrados.

Las limitaciones de los balances de materiales y energía deben ser entendidas. Estos balances son útiles para la organización y la ampliación de la información de la P.C. y deben ser utilizadas cada vez que sea posible. De cualquier manera, el usuario deberá reconocer que la mayor parte de los diagramas de los balances podrán estar incompletos, aproximados o ambos. A continuación se mencionan factores que serán comunes en numerosos procesos:

- ◆ Muchos procesos tienen numerosas corrientes de entrada y salida, muchas de los cuales pueden estar afectando el medio ambiente.
- ◆ La composición exacta de muchos flujos son desconocidos y no pueden ser fácilmente analizados.
- ◆ Se presentan cambios de fase en el proceso, requiriendo múltiples análisis multimedia y correlaciones.
- ◆ Las operaciones de planta o la mezcla de productos cambian frecuentemente, por lo que los flujos de materiales y energía no pueden ser caracterizados con exactitud con un simple diagrama de balance.
- ◆ En muchas ocasiones existe una falta de datos históricos para caracterizar a todos lo flujos.

A pesar de estas limitaciones, el balance de materiales es esencial para la organización de datos, la identificación de “desbalances” y permiten estimar la falta de información. Los balances de materiales pueden ayudar a calcular concentraciones de constituyentes residuales en donde la composición cuantitativa sea limitada. Estos balances son particularmente útiles si existen puntos en el proceso difíciles en donde es poco económico coleccionar o analizar las muestras. Los problemas de la colección de información, tales como lecturas inexactas o emisiones inmedibles, pueden detectarse cuando la “masa que entra” no es igual a la “masa que sale”. Tal desbalance puede además indicar que están presentes emisiones fugitivas. Por ejemplo, la evaporación de solventes en un tanque de limpieza pueden ser estimadas como la diferencia entre el solvente vaciado al tanque y el solvente removido para su disposición o reciclo.

---

#### 4.6 Definición de Opciones de PC

Una vez identificadas y documentadas las fuentes y naturaleza de los residuos generados, el equipo de evaluación entra a una fase creativa en un proceso de dos pasos. El equipo deberá proponer y filtrar las opciones de prevención de la contaminación. Su objetivo es generar un conjunto amplio de opciones clasificadas conforme a su prioridad para una evaluación detallada.

##### *Propuesta de opciones*

Como cualquier otra tarea de planeación, se obtendrán mejores resultados en un ambiente que favorezca a la creatividad y el razonamiento independiente de cada miembro del equipo. Las sesiones de "tormenta de ideas" son útiles en este caso. Posteriormente, estas ideas pueden ser desarrolladas por medio de técnicas de tomas de decisión en grupos.

Este tipo de ejercicios permitirá a los miembros del equipo identificar opciones que probablemente en forma individual no surgirían. La hoja de trabajo No. 7 del Capítulo 6 de esta tesis, constituye una sugerencia de un formato para describir opciones

##### *Evaluación de opciones*

Pueden generarse muchas opciones en el paso anterior. Ya que el análisis detallado, técnico, económico y de factibilidad ambiental puede ser costoso, las opciones propuestas deben ser filtradas por el equipo de evaluación. Algunas opciones serán de bajo costo o riesgo, por lo que podrán ser implementadas de inmediato, otras en cambio, serán imprácticas o de valor marginal, por lo que se dejarán para un futuro.

Esta filtración no requiere ser un estudio detallado ni costoso. El procedimiento de filtración puede llevarse a cabo de una manera informal o con el voto de decisión por el director del programa o de los demás miembros del equipo, o bien por medio de la aplicación de herramientas de toma de decisión cuantitativa. A continuación se muestra una lista de preguntas que pueden ser consideradas para la evaluación preliminar de opciones.

- ◆ ¿Qué opciones serán mejor llevar a cabo para la reducción de residuos?
- ◆ ¿Cuáles son los principales beneficios ha ser obtenidos por la implantación de esta opción (por ejemplo, económicos, eficiencia, seguridad, etc.)?
- ◆ ¿Existe la tecnología necesaria para el desarrollo de esta opción?
- ◆ ¿Cuál es el costo?
- ◆ ¿La opción puede ser implementada en un tiempo razonable sin detener la producción?
- ◆ ¿Qué otras áreas pueden ser afectadas?

---

La revisión informal es un procedimiento por el cual el equipo de evaluación selecciona las opciones que parecen mejores después de haber sido discutidas y examinadas cada una de ellas.

#### 4.7 Análisis de Factibilidad

El producto final de la fase de definición de opciones es una lista de opciones priorizadas de P.C. Estas opciones ahora deberán ser técnica, económica y ambientalmente factibles para su implantación.

Dependiendo de los recursos normalmente disponibles, puede ser necesario posponer el análisis de factibilidad para algunas opciones. Sin embargo, todas las opciones deberán eventualmente ser evaluadas.

##### *Evaluaciones Técnicas*

El equipo de evaluación debe realizar una evaluación técnica para determinar si una opción de PC propuesta es adecuada para una aplicación específica. Esta evaluación técnica puede ser rápida o puede requerir de una investigación extensa. Las siguientes preguntas constituyen algunos criterios que se pueden utilizar para hacer la evaluación técnica:

- ¿ Reducirá el residuo?
- ¿ Es el sistema seguro para los trabajadores?
- ¿ Se mejorará o se mantendrá la calidad del producto?
- ¿ Se tiene suficiente espacio en la planta?
- ¿ El equipo nuevo, los materiales o procedimientos son compatibles con los procedimientos de producción, flujos de trabajo y tasas de producción?
- ¿ Se necesitará contratar personal adicional para implementar la opción y mantenerlos?
- ¿ Se requerirá capacitar o contratar personal con una especialización en particular para operar y mantener el nuevo sistema?
- ¿ Se tienen los servicios auxiliares necesarios para operar el equipo y/o bien representará un costo mayor instalarlos?
- ¿ Cuánto tiempo se parará la producción mientras se instala el sistema?
- ¿ El proveedor del equipo ofrecerá servicios aceptables y garantía?
- ¿ El sistema creará otros problemas ambientales?

Todos lo grupos que serán afectados directamente, en el caso de que la opción sea adoptada, deberán contribuir a la evaluación técnica, esto incluye personal de producción, mantenimiento, control de calidad, procesamiento y compras. Si la opción involucra un cambio en los métodos

---

---

de producción o en la materia prima, se debe evaluar cuidadosamente los efectos probables en la calidad del producto final. Si después de esta evaluación la opción surge como impráctica o baja la calidad del producto, esta se debe desechar. En el caso de las opciones que no involucran costos significantes, se puede tomar una decisión rápida. Por ejemplo, la aplicación de cambios de procedimientos o de almacenamiento.

### *Evaluación Ambiental*

En este paso, el equipo de evaluación de PC ponderará las ventajas y desventajas de cada opción propuesta con respecto a su efecto potencial ambiental. Frecuentemente la ventaja ambiental es obvia, por ejemplo, se reducirá la magnitud de la toxicidad de una corriente residual sin generar una nueva corriente residual. La mayor parte de las mejoras en los procedimientos operacionales y en el almacenamiento de materiales tienen esta ventaja. Desgraciadamente una evaluación ambiental no es sencilla. Estas opciones requieren una evaluación cuidadosa, especialmente si en ella se involucran cambios en el proceso de producción o la sustitución de materias primas. Aquí se sugiere solicitar el auxilio de consultores experimentados que ayuden a realizar un diagnóstico del impacto ambiental potencial esperado.

### *Evaluación económica*

La estimación de los costos y beneficios de algunas propuestas para la P.C. son directas, mientras que otras resultan complejas. A pesar de que resulte fácil calcular los costos para algunas opciones, es conveniente tener todo documentado y así como realizar un estimado de los efectos económicos de cada una de ellas. Esto ayudará a asegurar que las ejecuciones reales del programa de P.C. no sean pasadas por alto cuando se mida el progreso del programa.

Si el proyecto no tiene un costo de capital significativo, la decisión es relativamente simple. La rentabilidad puede ser considerada o no para calificar si se reducen o no los costos de operación y/o previenen la generación de contaminación. Por ejemplo, la instalación de controladores de flujo y mejoras de las prácticas operacionales, probablemente no requerirán de un análisis extenso antes que sean adoptadas. Los proyectos con un costo significativo pueden aunar costos que requerirán de un análisis más detallado. Las hojas de cálculo del Capítulo 6 representan una propuesta para realizar una evaluación de este tipo.

Existe un número de factores que dificultan el cálculo de los costos y beneficios para la P.C. para muchos de los proyectos propuestos. El costo total de continuar con la generación de contaminantes no es discernible en la mayoría de los sistemas corporativos contables. Además, muchos de estos costos son probabilísticos - aunque su riesgo sea real -, por lo que es difícil predecir los costos con exactitud aún con experiencias pasadas.



---

#### **4.8 Redacción del Reporte de Evaluación**

El equipo de trabajo deberá escribir un reporte que resuma los resultados de las evaluaciones del proyecto de PC a un nivel adecuado para la empresa. Este reporte, proporcionará una calendarización o programa de la implantación de los proyectos de prevención y será la base para evaluar y mantener el P.P.C.. Puede además, ser necesario asegurar la obtención de fondos internos para proyectos que requieran inversión de capital si los miembros del equipo no tienen la autoridad para otorgarlo por sí mismos. En la siguiente lista se muestra un ejemplo del contenido de este reporte:

- El potencial de la PC.
- La confiabilidad de la tecnología a aplicar, incluyendo una discusión de las aplicaciones exitosas que se han reportado.
- Los aspectos económicos globales del proyecto.
- Los recursos requeridos y cómo estos serán obtenidos.
- El tiempo estimado de instalación y de arranque.
- Las posibles mediciones del desempeño que permitan evaluar al proyecto después de que este sea implementado.

#### **4.9 Implantación del Plan de PC**

##### *Selección de proyectos para su implantación*

La decisión final de cuáles proyectos serán primeramente implementados y qué plan de trabajo se llevará a cabo, se deberá realizar en este punto. Si el equipo de trabajo o los ejecutivos de la compañía cuestionan los aspectos de algunos proyectos, el equipo de evaluación y/o los encargados del P.P.C. puede ser interrogados para obtener información adicional. Los proyectos tendrán que ser lo suficientemente flexibles para permitir el desarrollo de alternativas o modificaciones, y deberán anticipar problemas potenciales en la implantación de opciones.

##### *Obtención de fondos*

El equipo de trabajo procurará asegurar la obtención de fondos para los proyectos que requerirán gastos. Probablemente habrán otros proyectos, tales como aumento en la capacidad de producción o cambio a nuevas líneas de producción, los cuales competirán con el P.P.C. en la obtención de fondos.

---

### *Instalación de proyectos seleccionados*

Para la instalación de los proyectos de PC se pueden necesitar cambios en los procedimientos de operación, en los métodos de compras o control de inventarios de materiales. Las políticas de la empresa, documentos de procedimientos y la capacitación de empleados podrán ser afectadas por estos cambios.

Para proyectos que involucren modificación de equipo o la compra de nuevo equipo, la instalación de un proyecto de PC es esencialmente el mismo caso de cualquier otro proyecto de aumento de capital. Las fases del proyecto incluyen planeación, diseño, compras, mantenimiento, construcción y capacitación de personal. Así mismo, en la compra de cualquier equipo, es importante asegurar garantías de los proveedores antes de la instalación del equipo.

Se pueden necesitar de programas de capacitación e incentivos para lograr que los empleados ya mecanizados en una rutina se involucren en los nuevos procedimientos y equipo de P.P.C.

### *Revisión y Ajuste*

El proceso de P.C. no termina con la implantación. Después de que el plan de P.C. sea implementado, se debe hacer un seguimiento de su efectividad contra las objeciones que puedan surgir como técnicas, económicas, etc.

Las opciones que no se ajusten a las expectativas originales de desempeño pueden necesitar modificaciones. Sobre todo, se debe aplicar en todo el tiempo, el conocimiento ganado, manteniendo así la evaluación y afinación de los proyectos de P.P.C.

## **4.10 Medición del Progreso de P.C.**

Por medio de la revisión de los éxitos y fracasos del programa, los gerentes y supervisores de todos los niveles pueden evaluar el grado de avance de las metas propuestas con el P.P.C. en la planta, así como los niveles de producción de un área en particular que están siendo alcanzados, incluyendo los resultados económicos obtenidos. Esta comparación permite identificar las técnicas de prevención de la contaminación que trabajan bien y las que no. Esta información servirá de guía en futuros P.P.C.

La evaluación cuantitativa también permite realizar comparaciones de un área con otras similares e incluso con otras empresas. Este conocimiento será necesario para mejorar el P.P.C. actual, para la selección de tecnología, para la transferencia desde otra operación y para ayudar a identificar opciones de PC.

---

### *Obtención de información*

Es necesario seleccionar una cantidad (por ejemplo, volumen de residuos o toxicidad), medir esa cantidad y normalizar los datos conforme sea necesario para corregirlos por factores no relacionados al método de PC que está siendo revisado.

Aunque el proceso sea sencillo en teoría, en la práctica surgen varias complicaciones. Existe un número de factores que deben considerarse cuando se defina la información que se deberá seguir.

Primero, la cantidad seleccionada para seguir el desempeño que deberá reflejar exactamente el o los residuos de interés. Segundo, la cantidad debe ser medible con los recursos disponibles. Así como en la fase de la evaluación detallada ayudará el balance de materiales y energía será útil en la organización de la información y ayudar a llenar algunos huecos en los datos.

Después de decidir qué información o datos deberán seguirse, será necesario determinar cómo generarla o colectarla y qué normalización será requerida para cada una de las categorías involucradas.

### *Datos de reportes de cumplimiento normativo*

Dependiendo del giro de negocios de la empresa, se pueden tener un considerable volumen de información de datos ya relacionada con la presentación de informes de cumplimiento normativo de algunas corrientes residuales. Sin embargo, puede haber diferencias y discrepancias en la información. Por ejemplo, los residuos normados pueden ser caracterizados por tipo y monto total, pero no por componente individual. Por lo tanto, estos datos pueden no ser suficientemente específicos para la evaluación. Además, puede que no se tengan dispositivos de medición exactos para todas las corrientes (por ejemplo: emisiones de vapores o emisiones fugitivas). En tales casos, los reportes de cumplimiento normativo podrían estar basados en mediciones o estimaciones. La comparación de estimaciones de un periodo a otro no proporcionarán patrones confiables del por ciento de cambio. Finalmente, las comparaciones de año con año pueden no ser significativos si los requerimientos del reporte oficial cambian en la forma de la medición de las cantidades de los residuos.

### *Residuos transferidos a otro medio*

La opción de PC tomada puede eliminar parte de los residuos pero puede ser que transfiera parte de estos residuos a otros flujos de planta, o a otro medio o incluso hacia el producto. Puede dificultarse el seguimiento de la transferencia de un contaminante de un medio a otro, o bien ser difícil determinar que otro contaminante se puede crear por la implantación de

---

---

un nuevo procedimiento. Transferir un contaminante a otro medio o reemplazarlo con otro debe ser en principio evitado. Si esto está ocurriendo, se requiere de una cuidadosa evaluación para analizar el impacto al medio ambiente.

### *Medición de la Peligrosidad*

La peligrosidad de los residuos puede ser evaluada no sólo por la cantidad producida. La reducción del volumen de un producto residual dado a cambio del aumento en su toxicidad por unidad, puede ser una opción de tratamiento, pero no es P.C. Por ejemplo, se puede agregar cal a un flujo de residuos para precipitar metales, reduciéndose el volumen de residuos, pero esto no es una acción de P.C. ya que la cantidad total del metal no se ha cambiado. Ya que la toxicidad no es frecuentemente medida como parte del reporte de producción, es necesario establecer procedimientos para poder hacerlo.

### *Normalización de Factores Externos*

Los cambios en cantidades son directos, fáciles de detectar y relativamente fáciles de calcular si la información requerida está disponible. Las comparaciones cuantitativas de un periodo a otro, pueden ser útiles en la revisión de un P.P.C.. Sin embargo, la información tendrá que ser normalizada si existieran factores importantes no relacionados con los esfuerzos de aplicación del P.P.C. y que influyeron en las cantidades producidas.

Existe un número de factores externos que pueden ocasionar que las cantidades y/o las mezclas de productos o subproductos cambien. Se necesitará detectar cuidadosamente si hay factores externos para los cuales se requiera normalizar los datos. Los factores comunes que se deben considerar son: el total de horas que operó el proceso, total de horas-hombre, área, peso o volumen del producto, número de "batches" procesados; área, peso o volumen de materia prima adquirida y ganancia económica en el producto. Para el caso de procesos continuos, la salida de productos o la entrada de materia prima puede ser un buen factor de normalización. El flujo del proceso puede ser medido por volumen o peso, mientras que en casos como cromado de partes o producción de placas o películas se puede normalizar por área de trabajo.

En los procesos intermitentes, el volumen de producción usualmente puede ser relacionado con la producción de residuos, pero no puede ser una relación lineal en todos los casos. Por ejemplo, la cantidad de solventes usados en una planta de impresión no es una función del total del volumen en almacén y tinta usada, sino que es significativamente influenciada por el número de cambios hechos en el color.

Otra dificultad en la comparación de la producción y la cantidad de residuos surge cuando la relación es inversa. Esta situación ocurre frecuentemente cuando el rango de la producción decrece en el punto en que los materiales caducan mientras se tienen en inventario.

---

Para algunos procesos productivos, los residuos son generados durante el arranque y apagado del equipo. El volumen de residuos creados en ambas situaciones es inversamente proporcional al volumen de producción. Los factores como pago de impuestos al gobierno y ganancias pueden indicar la cantidad de actividad, pero no pueden ser indicadores reales si los precios de mercado o los impuestos cambian.

#### *Establecimiento de una línea base*

Cuando la opción de PC involucra un incremento en los cambios de procesos bien definidos, es posible establecer una "línea base" del desempeño histórico en el caso de nuevas plantas donde no hay datos históricos disponibles. Sin embargo, el establecimiento de una línea base se complica mucho por los cambios que se realizan en el equipo o en los procesos actuales, o en el caso de las plantas nuevas, porque la tecnología es diferente. En este caso, la medición del éxito del programa puede ser la cantidad de un contaminante que nunca antes fue generado. Esto es, la proyección de la cantidad de un contaminante puede servir como "línea base".

#### *Métodos de análisis de información*

Como se menciona en la sección anterior, la medición o cuantificación del progreso de la P.C. es compleja. En consecuencia, el uso de una cuantificación simple para resumir el progreso de una opción de P.C. será aplicable sólo a los casos más simples. Las características de varias metodologías y sus ventajas y desventajas son resumidas en los siguientes párrafos. A partir de estas recomendaciones se puede seleccionar el método o combinación de métodos más conveniente.

#### *Descripción de procesos semi-cuantitativo*

El método de medición por el proceso de descripción semicuantitativa se basa principalmente en una descripción textual, complementada con una cantidad limitada de datos numéricos. Este tipo de análisis es menos costoso de preparar en términos de tiempo de personal requerido y evita muchos de los problemas antes señalados. De cualquier manera, la falta de datos cuantitativos significa que tendrá un valor despreciable en la evaluación de metas específicas. Además la falta de datos numéricos dificulta la comparación de procesos similares cuando se busca una transferencia de tecnología.

---

### *Cantidad de residuos enviados a disposición fuera del sitio o tratados en el sitio*

Los datos basados en los reportes de envíos a disposición o tratamiento en el sitio son fáciles de obtener y se debe de detallar su composición. Las cantidades de basura y otros residuos no peligrosos pueden estimarse a partir de los costos de recolección y disposición, mientras que la cantidad de residuos enviados a un tratamiento dentro del sitio pueden ser más difícil de obtener, aunque siempre es posible medir o estimar estas cantidades.

### *Cantidad de materiales recibidos*

Las diferencias en las cantidades de insumos llevados a la planta, se pueden determinar de los registros de recepción y pueden ser utilizados para medir el progreso de una acción de P. C. La mayor parte de las plantas mantienen un registro detallado de los materiales recibidos de los proveedores. Estos registros proporcionan una fuente de datos muy buena para rastrear los cambios en el tipo y volumen de los materiales comprados. Sin embargo, este método puede ser difícil de aplicar a un proceso específico o al proyecto. Además, la cantidad de material a la entrada, no reflejará con exactitud la cantidad de residuo si es que parte de este material es destruido durante el proceso o si es obtenido de otro sector de producción dentro de la misma planta.

### *Cantidad de residuos generados o usados*

Este método es una combinación de los dos anteriores. Esencialmente entrega un balance de materiales general por cada componente del residuo. Este método involucra el seguimiento de las cantidades de residuos peligrosos, tóxicos y otros materiales que fluyen hacia adentro y hacia afuera de la planta. Utiliza la información de las cantidades de material comprado, producido y destruido en el proceso de producción y del material incorporado en los productos y subproductos, así como la descarga de residuos a tratamientos y disposición final.

Esta aproximación, da un panorama general del uso de materiales, pero requiere de una extensa recopilación de información. Por ejemplo, la información de la cantidad de emisiones fugitivas de contaminantes atmosféricos son particularmente difíciles de rastrear, pero algunas veces pueden ser estimada por medio de cálculos de balances de material.

### *Análisis de un Proceso*

La P.C. se puede medir en una base "proceso-por-proceso" y "operación-por-operación", por medio de la examinación a detalle del proceso de producción y por los cambios ocurridos

---

---

debido a las actividades del P.P.C. Si el proceso es seleccionado cuidadosamente y puede ser definido con precisión, esta aproximación proporciona una descripción exacta de los residuos asociados al proceso. Esto permitirá además una mejor definición de una producción representativa o de un índice de actividad para la generación de residuos. Sin embargo, puede ser difícil seleccionar el proceso en el caso de plantas grandes y complejas. Esta aproximación requiere una extensa información y análisis. Además, muchos residuos pueden no ser generados por un proceso específico. Estos residuos de procesos no-específicos pueden ser confundidos en un sistema de medición basado estrictamente en un proceso de P.C.

#### *Análisis de un proyecto de P.C.*

Este método se enfoca en la medición de los resultados de cada actividad de P.C. El método es conveniente para plantas que producen muchos productos a partir de la misma línea de producción y también plantas que tienen una amplia variedad de procesos de producción. Así como en el caso de la aproximación "análisis del proceso", los requerimientos de datos son extensos.

#### *Cambios en la cantidad de constituyentes peligrosos*

La P.C. puede ser medida por medio de la evaluación del cambio en las cantidades totales de material peligroso emitido. Este método, obviamente, no aplica a contaminantes no peligrosos

#### *Cambio en la toxicidad del material*

Una aproximación adicional puede ser la evaluación del cambio en la toxicidad del material residual. Existen métodos estándar disponibles para evaluar la toxicidad de un efluente. Una vez identificada la fuente generadora de toxicidad se pueden rastrear con mayor detalle el punto de generación con facilidad

#### *Medición de los resultados económicos*

Además de evaluar la efectividad de la P.C., un proyecto debe ser evaluado como cualquier otro nuevo proceso o de inversión de capital. Se deben realizar estimaciones preliminares de costo para la instalación y operación del sistema antes de su instalación. La información adicional detallada puede ser recopilada durante la construcción y operación.

---

---

El valor económico de la reducción en la producción de residuos puede ser estimado en base al volumen de residuos y costos de tratamiento y disposición. La economía de los residuos pueden evaluarse por cualquiera de las técnicas tales como período de recuperación, la evaluación neta actual o bien recuperación de la inversión.

#### **4.11 Mantenimiento del P.P.C.**

La tarea de mantener un P.P.C. viable, se facilitará con el establecimiento de un programa de concientización de la prevención de la contaminación. La intención de un programa de este tipo es estimular la participación de los empleados en el esfuerzo de prevención. Los objetivos de un programa de concientización son:

- Aumentar en la planta la concientización de actividades relacionadas en el medio ambiente.
- Informar a los empleados de los casos específicos con influencia en el ambiente.
- Capacitar a los empleados de sus responsabilidades en el P.P.C..
- Reconocer los esfuerzos de los empleados para participar en los procesos de PC.
- Alentar al personal a participar en la PC.
- Anunciar los casos exitosos.

Los métodos que pueden utilizarse para la implantación del P.P.C. son:

- Integrar la actividad de PC en la planeación corporativa:
    - Asignar un procedimiento contable de PC en las unidades de operación donde se generan residuos.
    - Seguir y reportar el status del programa.
    - Conducir un programa anual de evaluación a nivel corporativo.
  - Proporcionar programas continuos educativos para el staff:
    - Realizar programas de concientización de PC en el entrenamiento de nuevos empleados.
    - Proporcionar capacitación avanzada.
    - Recapacitar a los supervisores y empleados.
  - Mantener comunicación interna:
    - Apoyar las formas de comunicación de ida y vuelta entre los empleados y dirección.
    - Solicitar a los empleados sugerencias para el PC.
    - Llevar a cabo esas sugerencias.
  - Premiar al personal por sus logros en el P.P.C.:
    - Mencionar las contribuciones individuales y de grupo en las revisiones de desempeño.
-



- 
- Reconocer las contribuciones personales y de grupo.
  - Otorgar premios materiales.
  - Considerar al P.P.C. como una forma de responsabilidad sujeta a revisión.
  - Proporcionar información y educación a la población en general y consumidor sobre los esfuerzos de PC.
    - Enviar comunicaciones a los medios locales de difusión y a revistas de interés industrial que puedan ser leídos por futuros clientes.
    - Motivar a los empleados en la divulgación del programa en escuelas y organizaciones cívicas.

#### **4.12 Análisis Económico de Proyectos de P.C.**

A pesar de que las empresas pueden invertir en P.C. porque es algo correcto o porque esto incrementa la imagen pública, la viabilidad de muchas inversiones de prevención descansa en un análisis económico. Esencialmente, las empresas no invertirán en un P.P.C. a no ser que el proyecto compita con éxito con alternativas de inversión. La propuesta de esta sección es explicar los elementos básicos de un sistema adecuado contable y de cómo dirigir una evaluación económica comprensible de opciones para inversión.

##### *Evaluación de costos totales*

Existen cuatro elementos para la evaluación total de costos. Los costos de inventario extendidos; la extensión del horizonte del tiempo; el uso de indicadores financieros a largo y corto plazo; y la ubicación directa de costos a los procesos y productos.

Los primeros tres se aplican a la evaluación de la factibilidad, mientras que el cuarto aplica al costo contable. Estos cuatro elementos ayudarán a demostrar el costo real de la contaminación en la empresa así como los beneficios netos de la prevención.

##### **4.12.1 Costos Expandidos de Inventario**

La evaluación total de costos incluye costos directos e indirectos, muchos de los cuales no pueden ser aplicados a otros tipos de proyectos. Además de estos costos directos e indirectos, se deben incluir costos relacionados con el cumplimiento legal de ciertos beneficios menos tangibles. La evaluación total de costos es una herramienta flexible que puede ser adaptada a necesidades y circunstancias específicas. Los costos directos se pueden resumir en:

- Gastos de capital

- 
- Construcciones
  - Equipo e instalación
  - Conexiones a servicios auxiliars
  - Proyectos de ingeniería
  - Operación y mantenimiento
  - Gastos o pagos de rentas o réditos
    - Materia prima
    - Salarios
    - Disposición de residuos
    - Agua y energía
    - Valor del material recobrado

Los costos indirectos en proyectos de P.C. probablemente representen un ahorro neto significativo, en forma totalmente diferente a lo que equivalen los costos indirectos en proyectos de inversión de capital. Estos costos pueden ser :

- Costos administrativos
- Costos por el cumplimiento de normatividad ambiental
  - Permisos
  - Reportes y bitácoras
  - Monitoreo
  - Manifiestos
- Seguros
- Compensaciones por trabajo extra
- Manejo de residuos en el sitio
- Control de residuos en el sitio
  - Operación del equipo

Estos costos son considerados por lo general ocultos en el sentido de que ya est n bien localizados o ubicados como gastos de operación. Un primer paso necesario es hacer un análisis económico para ubicarlos en su propia fuente.

Los costos por responsabilidad legal asociados con las inversiones de P.C. pueden ofrecer ahorros netos significantes. La reducción en pagos potenciales de multas, cuotas, costos de limpieza, afectaciones a la salud de personal y denuncias públicas pueden hacer más rentables las inversiones de prevención, particularmente a largo plazo.

---

### *Costos de responsabilidad legal*

Los costos de responsabilidad incluyen:

- Multas y cuotas
- Lesiones al personal
- Daños en la propiedad por mal uso del producto
- Daños a recursos naturales y costos de limpieza
  - Acciones correctivas
  - Acciones preventivas

Por otro lado el P.P.C. puede entregar beneficios substanciales a partir de la mejora de un producto y la imagen de la compañía o a partir del mejoramiento de la salud del personal. Aunque estos beneficios sean difíciles de medir, deben ser incorporados en la evaluación cada vez que sea posible. Por ejemplo, cuando las inversiones en un proyecto de PC mejoran el desempeño del producto al punto en que el nuevo producto resalta de sus competidores, su mercado puede incrementarse. Los beneficios menos tangibles pueden ser :

Incrementos en las ventas debido a:

- Mejora en la calidad del producto
- Mejora en la imagen de la empresa.
- Confianza del cliente en los productos “verdes”

Mejora en las relaciones proveedor-cliente

Aumento en la productividad debido a la mejora en las relaciones entre los empleados

- Mejora en las relaciones con las autoridades.

#### **4.12.2 Extensión del Horizonte del Tiempo**

Ya que muchas de las responsabilidades legales y los beneficios menos tangibles de la PC se presentaran sobre un periodo de tiempo largo, es importante que la evaluación económica tome un marco de referencia a largo plazo, no sólo los tres a cinco años utilizados en los proyectos típicos. No obstante, al incrementar el tiempo de vida del PC, se incrementa la incertidumbre de los factores de costo utilizados en el análisis.

#### *Indicadores financieros a largo plazo*

En la toma de decisiones de P.C., se deben seleccionar indicadores financieros que consideren:

---

- 
- todos los flujos de efectivo durante el proyecto
  - el valor del dinero en el tiempo

Son tres los indicadores financieros comúnmente utilizados para evaluar los criterios anteriores, dichos indicadores son:

1. el valor presente neto (VPN)
2. tasa interna de retorno (TIR)
3. índice de rentabilidad (IR)

#### 4.12.3 Asignación de los costos directos

Pocas compañías, aún en los Estados Unidos, asignan costos ambientales a los productos y procesos que generan estos costos. Si existe una asignación directa, la administración tiende a agrupar estos costos dentro de una cuenta o presupuesto única, agregándoles a otras partidas donde no pueden ser deducidas fácilmente. El resultado de este procedimiento es un sistema de contabilidad que es incapaz de: (1) identificar los productos o procesos más responsables de los costos ambientales, (2) permitir el descubrimiento y selección de oportunidades de evaluación de prevención y de inversiones de prevención con los costos ambientales de productos y procesos más altos, y (3) filtrar el seguimiento de los ahorros financieros de cada inversión de prevención aplicada.

Como ayuda para evaluar las opciones disponibles, se cuenta con tres métodos de asignación de costos directos:

- ◆ combinación sencilla
- ◆ combinación múltiple
- ◆ centros de servicio

##### *Concepto de la combinación sencilla*

En el concepto de **combinación sencilla**, la empresa distribuye los beneficios y costos de prevención de la contaminación a través de sus productos o servicios. Este es el método más sencillo, pero no señala o exhibe claramente los efectos de la acción dentro de un área dada.

*Ventajas.* Es el método más sencillo. Todos los costos de contaminación son incluidos en los costos generales administrativos que la mayoría de las compañías ya tienen, aun y cuando estos no puedan ser clasificados por costos de la contaminación. Esto implica que puede no tenerse un cambio en los métodos contables, sino que tiene un ajuste en la tasa de costos generales. Así

---

mismo, se incurre en pocos requerimientos administrativos adicionales para reportar los beneficios de la P.C.

*Desventajas.* Si la compañía tiene una línea de producción diversa o de servicio, los costos de la contaminación pueden ser recuperados de los productos o servicios que no contribuyen precisamente a la generación de contaminación. Esto tiene el efecto de inflar los costos de aquellos productos o servicios innecesarios, además de que oculta los beneficios de la P.C., por ejemplo, un supervisor de línea no verá el efecto de prevención o falla en la P.C. en su área de responsabilidad, a pesar de estar seguro de haber tenido éxito.

#### *Concepto de la combinación múltiple*

Con este método los costos o beneficios de la PC, son recuperables a nivel departamental o área de producción de la empresa.

*Ventajas.* Esta aproximación amarra el costo de la contaminación más cercanamente a la actividad responsable y a la gente directamente relacionada con la implantación diaria. Es además fácil de aplicar dentro de un sistema contable que ya esté establecido para una contaduría departamental.

*Desventajas.* Puede existir disparidad entre las actividades y personas responsables y los costos de contaminación.

#### *Concepto de centro de servicio*

El nivel más detallado de contabilidad es el concepto de centro de servicio. Aquí, los beneficios o costos de P.C. son asignados sólo a aquellas actividades que son directamente responsable.

*Ventajas.* Los costos de la contaminación son ubicadas exactamente al generador. Teóricamente, este es el más equilibrado para todos los productos o servicios producidos. Los costos de la contaminación pueden ser identificados como costos directos en las actividades apropiadas y no sepultadas con los costos indirectos. Estos costos son exactamente identificados, monitoreados y administrados. Los beneficios de P.C. son fáciles de identificar y subrayar al nivel operativo.

*Desventajas.* Se requiere un esfuerzo considerable para rastrear cada producto, servicio, trabajo o contrato y recuperar las sobrecargas de contaminación aplicables. Pueden incurrirse en costos administrativos adicionales para poder implementar y mantener al sistema. Puede ser difícil

---

---

identificar los costos de la contaminación cuando se asigne un precio o licitación de un nuevo contrato. Así mismo, puede ser difícil identificar las actividades responsables bajo ciertas circunstancias especiales de trabajo, tales como los servicios de laboratorios específicamente en el caso de que se generen pequeñas cantidades de residuos en forma continua.

#### **4.13 Diseño de productos ambientalmente compatibles**

Los productos compatibles ambientalmente minimizan los efectos adversos al ambiente provocados por su manufactura, uso y disposición. El impacto ambiental de un producto es determinado en gran medida durante su fase de diseño. Mediante consideraciones ambientales aplicadas durante la planeación del producto, diseño y desarrollo, la compañía puede minimizar el impacto negativo de sus productos en el ambiente.

Los cambios en el diseño realizados para prevenir contaminación deberán ser implementados de tal manera que la calidad o función del producto no se afecte adversamente. El proceso de cuidar todos los aspectos del diseño de su producto, desde la preparación de los materiales de entrada hasta su uso final se llama evaluación del ciclo de vida. Una evaluación del ciclo de vida del diseño del producto, incluye la evaluación de los tipos y cantidades de los productos de entrada, tales como energía, materias primas, agua y producto de salida como emisiones a la atmósfera, residuos acuosos o sólidos y el producto final.

##### *Metas de diseño o rediseño de productos*

El primer paso para diseñar o rediseñar un producto compatible ambientalmente es definir las metas. Los aspectos que deben ser examinados incluyen ya sea: material de entrada escaso; que contenga materiales peligrosos; que utilicen mucha energía; o que no sean fáciles de reusarse o reciclarse. Este criterio ambiental debe ser agregado al programa inicial de requerimientos para el producto, tales como calidad, aceptación del cliente y precio de producción.

Las metas del nuevo diseño del producto pueden ser preformuladas y reasignadas a los requerimientos del producto que serán incorporadas a las consideraciones ambientales. Los siguientes son algunos criterios ambientales a considerar en el diseño de productos :

- Utilizar recursos naturales renovables.
- Utilizar material reciclable.
- Utilizar pocos solventes tóxicos o reemplazar los solventes con un material alternativo.
- Utilizar o reutilizar residuos y material sobrante.
- Utilizar tintas de agua en lugar de solventes de aceite.
- Producir productos combinados o condensados que reduzcan los requerimientos de empaque.

- 
- Producir pocas unidades integradas (esto es, más partes componentes reemplazables)
  - Minimizar el empaque
  - Elaborar productos con mayor duración.
  - Producir bienes y empaques de buena calidad y reusables por el cliente.
  - Manufactura de productos finales reciclables.

#### **4.14 Conservación de la energía y prevención de la contaminación**

La conservación de energía y la prevención de la contaminación son actividades complementarias. Esto es, las acciones que conservan energía y reducen la cantidad de residuos producidos por procesos generadores de energía, y las acciones que reducen la producción de residuos de proceso, abaten los costos de energía por el manejo de tratamiento de los residuos. Los combustibles fósiles generan una variedad de residuos. Los gases y partículas subproductos de la combustión de los combustibles fósiles incluyen: CO, partículas, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub>, además de que su control genera otros residuos.

El agua utilizada para generar energía a partir de combustibles fósiles es contaminada por los químicos utilizados para controlar la corrosión. Antes de la descarga, el agua debe ser tratada para remover estos contaminantes.

Por otro lado, para reducir el consumo y conservar energía eléctrica y térmica se pueden aplicar varias sugerencias para el ahorro de energía:

- Implantación de apagadores automáticos de equipo y de luz, o bien implementar medidas de "apagar la luz" o "apagar equipo no en uso".
- Uso de unidades de refrigeración eficientes.
- Eliminación de fugas en líneas de aire comprimido
- Uso de motores más eficientes.
- Mejora del sistema de lubricación de los motores del equipo.
- Uso de transformadores eficientes.
- Uso de luces fluorescentes y/o lámparas de baja potencia.
- Instalación de termostatos o controladores de tiempo para mejorar el control de la temperatura en calentamiento y enfriamiento.

El consumo de energía es reducido cuando se controla la generación de residuos, ya que el tratamiento y transporte de los contaminantes en ductos representan un gran consumo de energía. Las actividades de PC dan por resultado una mejora en la eficiencia del uso de los recursos, con una reducción consecuente de la cantidad de energía requerida para el procesamiento de los materiales.

---

La combustión de combustibles fósiles en calderas o calentadores es la principal fuente de calor a los procesos industriales. La energía térmica puede ser conservada teniendo cuidado en la prevención de sus pérdidas durante el transporte del fluido acarreado desde el sitio de la combustión hasta el proceso específico donde será usado. La siguiente lista proporciona algunas medidas que pueden ser tomadas para conservar energía térmica, además de que se puede recuperar gran parte de ella:

- Ajustar quemadores para una relación óptima aire/combustible
- Mejorar o incrementar el aislamiento en tuberías de conducción de fluidos de calentamiento o enfriamiento
- Instituir un mantenimiento regular para reducir fugas y cortar trampas de vapor.
- Mejorar la eficiencia termodinámica del proceso por medio de :
  - utilización condensadores o cambiadores de calor para recuperar calor.
  - utilización cambiadores de calor más eficientes.



## HOJAS DE TRABAJO PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN

Las hojas de trabajo de este capítulo fueron adaptadas del manual "Facility Pollution Prevention Guide" de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU., para ser usadas en diversos puntos del desarrollo de un programa de prevención de la contaminación. En la tabla 5.1 se describen cada una de estas hojas de trabajo y el propósito de cada una de ellas. Las hojas de trabajo están diseñadas en una forma genérica, de tal forma que se puedan tomar como guías para rediseñar algunas o todas, para hacerlas más específicas a una instalación en particular.

Tabla 5.1 Lista de hojas de trabajo guías para la evaluación de un P.C.<sup>7</sup>

Fase	Número y Título	Objetivo / Observaciones
Evaluación	1. Alcance de la Evaluación	Esquematiza el programa general
	2. Descripción del sitio	Lista de antecedentes de localización, productos y operación de la instalación o planta.
	3. Información del proceso	Esta es una lista de verificación de la información del proceso que puede ser reunida antes que comience la evaluación
	4. Resumen de materias primas de entrada	Registro de la información de las materias primas para un producto o proceso específico. Esto incluye nombre, proveedores, componentes peligrosos o propiedades, costo, e información de la vida útil y posibles sustitutos.
	5. Resumen de productos	Identifica los componentes peligrosos, tasa de producción, beneficios económicos y otro tipo de información acerca del producto.
	6. Resumen de corrientes residuales	Resumen de la información reunida para diversos flujos residuales. Esta hoja puede ser usada para evaluar la prioridad de los flujos residuales a ser evaluados.
	7. Propuestas de opciones	Registra las opciones propuestas durante las sesiones de tormenta de ideas de los grupos participantes. Incluye la justificación racional para la propuesta de cada opción.
	8. Descripción de la opción	Describe y resume la información acerca de la opción propuesta. Además marca la aprobación de opciones prometedoras
Análisis de factibilidad	9. Rentabilidad	Esta hoja es usada para identificar el costo de capital y el de las operaciones y para calcular el período de recuperación.

Firma \_\_\_\_\_  
Sitio \_\_\_\_\_  
Fecha \_\_\_\_\_

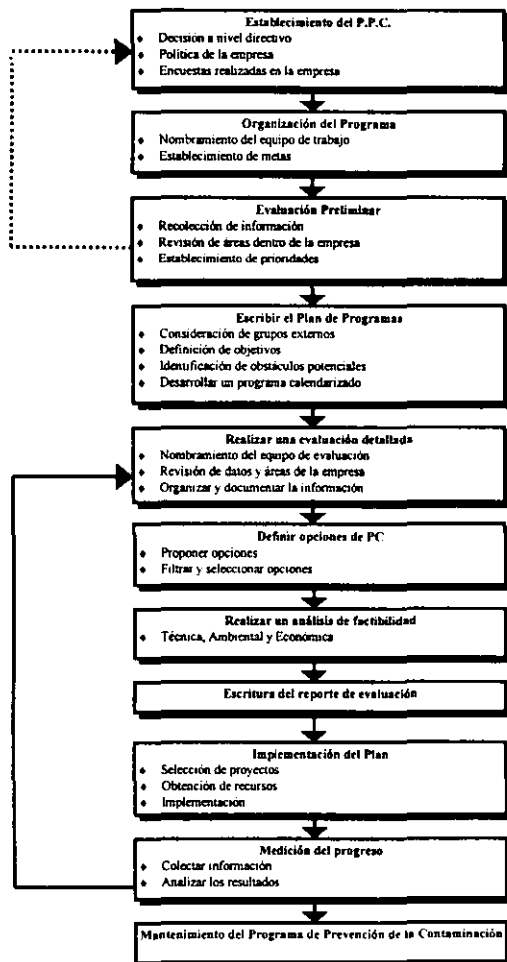
Hojas de trabajo para el Programa  
de Prevención de la Contaminación  
Proyecto No. \_\_\_\_\_

Preparado por \_\_\_\_\_  
Verificado por \_\_\_\_\_  
Hoja \_\_\_ de \_\_\_ Página \_\_\_ de \_\_\_

HOJA DE TRABAJO

1

### ESQUEMA DE LA EVALUACION



Firma _____	<b>Hojas de trabajo para el Programa de Prevención de la Contaminación</b> Proyecto No. _____	Preparado por _____
Sitio _____		Verificado por _____
Fecha _____		Hoja ___ de ___ Página ___ de ___

<b>HOJA DE TRABAJO</b>  <b>2</b>	<b>DESCRIPCION DEL SITIO</b>
--	----------------------------------

Empresa : \_\_\_\_\_

Planta : \_\_\_\_\_

Departamento : \_\_\_\_\_

Area : \_\_\_\_\_

Dirección : \_\_\_\_\_

Ciudad : \_\_\_\_\_

Estado / Zona Postal : \_\_\_\_\_

Teléfono : \_\_\_\_\_

Principales Productos : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Principal unidad de proceso : \_\_\_\_\_

Producto o Servicio : \_\_\_\_\_

Operaciones : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Instalaciones : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Equipo ( Edad ) : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Finna _____ Sitio _____ Fecha _____	Hojas de trabajo para el Programa de Prevención de la Contaminación Proyecto No. _____	Preparado por _____ Verificado por _____ Hoja ___ de ___Página ___ de ___
---	--	---

HOJA DE TRABAJO

4

**RESUMEN DE MATERIAS  
PRIMAS DE ENTRADA**

Atributos	Descripción		
	Corriente No. ___	Corriente No. ___	Corriente No. ___
Nombre / Identificación			
Fuente / Proveedor			
Componentes / Atributo o característica de interés			
Tasa de consumo anual			
Total			
Componentes de interés			
Precio de compra, \$ por _____			
Costo anual total			
Modo de entrega <sup>1</sup>			
Tamaño y tipo de contenedor de envío <sup>2</sup>			
Modo de almacenamiento <sup>3</sup>			
Modo de transferencia <sup>4</sup>			
Manejo y disposición en contenedores vacíos <sup>5</sup>			
Vida en bodega			
El proveedor podría?			
- Aceptar material caduco? ( S/N )			
- Aceptar contenedores de envío ( S/N )			
- Revizar la fecha de caducidad? ( S/N )			
Sustitutos aceptables, si existen			
Proveedores alternos			

Notas :

1. Por ejemplo; ducto, carro tanque, camión tanque de 100 bbl, etc.
2. Por ejemplo; tambores de 50 gal., sacos de papel de 50 kg, tanque, etc.
3. Por ejemplo; bodega exterior, bodega subterránea, sobre el suelo, etc.
4. Por ejemplo; bomba, banda, transporte neumático, montacarga, etc.
5. Por ejemplo; plantado y enterrado, limpio y reciclado, regresado a proveedor, etc.



Firma _____	Hojas de trabajo para el Programa de Prevención de la Contaminación Proyecto No. _____	Preparado por _____
Sitio _____		Verificado por _____
Fecha _____		Hoja ____ de ____ Página ____ de ____

HOJA DE TRABAJO

6

**RESUMEN DE LAS  
CORRIENTES RESIDUALES**

Atributos		Descripción					
		Corriente No. _____	Corriente No. _____	Corriente No. _____	Corriente No. _____	Corriente No. _____	Corriente No. _____
Nombre del residuo / Identificación							
Fuente / Origen							
Componentes o Propiedad de interés							
Generación anual ( Unidades _____ )							
Total							
Por componente de interés							
Costo por disposición							
Costo por unidad ( \$ por _____ )							
Total ( por año )							
Método de manejo <sup>1</sup>							
Criterio de clasificación de prioridad <sup>2</sup>	Peso Relativo (P)	Clasif. (C)	C x P	Clasif. (C)	C x P	Clasif. (C)	C x P
Cumplimiento de la normatividad							
Costos de Tratamiento / Disposición							
Riesgo de responsabilidad legal							
Cantidad de residuo generado							
Residuo Peligroso							
Peligro							
Potencial de minimización							
Potencial para eliminar impedimentos							
Potencial para recuperar subproductos							
Suma de calificaciones de clasificación de prioridad		$\Sigma ( C x P )$		$\Sigma ( C x P )$		$\Sigma ( C x P )$	
Prioridades							

- Nota :
1. Por ejemplo: Rellenos sanitarios, Disposición de residuos peligrosos, reciclaje dentro de la empresa, incineración, combustión con recuperación de energía, destilación, etc.
  2. Clasificar cada corriente en cada una de las categorías en una escala de 0 (ninguno) hasta 10 (alto)







Firma _____	<b>Hojas de trabajo para el Programa de Prevención de la Contaminación</b>	Preparado por _____
Sitio _____		Verificado por _____
Fecha _____		Hoja ___ de ___ Página ___ de ___

**HOJA DE TRABAJO**

**9**

**RENTABILIDAD**

**Costo de capital**

Compra de equipo \_\_\_\_\_

Materiales \_\_\_\_\_

Instalación \_\_\_\_\_

Costo de capital \_\_\_\_\_

Ingeniería \_\_\_\_\_

Arranque y entrenamiento \_\_\_\_\_

Otros costos de capital \_\_\_\_\_

Total de costos de capital \_\_\_\_\_

**Incremento anual de costos de operación**

Cambios en los costos de disposición \_\_\_\_\_

Cambios en los costo de materias primas \_\_\_\_\_

Cambios en otros costos \_\_\_\_\_

Ahorro anual neto de costos de operación \_\_\_\_\_

Periodo de retorno ( en años ) =  $\frac{\text{Total de Costos de Capital}}{\text{Ahorro neto anual de Costos de Operación}}$  = \_\_\_\_\_

---

6  
**Conclusiones**

Actualmente las formas de consumo de los recursos naturales y la generación de residuos han llegado a ser insostenibles. Aunque se ha reconocido lo grave de este problema, las responsabilidades no han sido dirigidas con eficiencia. El nivel de vida ha cambiado con el paso del tiempo, dentro de estos cambios se encuentran la generación de residuos industriales.

Los sistemas tradicionales de la actividad industrial, con procesos de fabricación que adquieren materias primas y se manufacturan productos, generando residuos, se deberá de transformar en un sistema más integrado, como lo es el Ciclo de Vida de los Productos que es concebido principalmente por:

- ◆ La tierra y la biosfera
- ◆ Adquisición de materia prima
- ◆ Procesamiento de materia prima
- ◆ Elaboración de materiales y/o productos intermedios
- ◆ Manufactura y ensamble
- ◆ Uso y servicio
- ◆ Retiro
- ◆ Tratamiento y disposición

El objetivo de este ciclo es optimizar el consumo de energía y materiales, reduciendo al mínimo la generación de residuos, siendo utilizados como materia prima de otros productos. Es posible que no se llegue a alcanzar el ciclo ideal, pero empresarios y consumidores deberán de llegar a una concientización y acercarse lo más posible a este ciclo. Si las industrial adoptan los cambios oportunos, será posible crear un ciclo más cerrado, de más fácil mantenimiento a pesar del posible agotamiento de las materias primas y poder aminorar los problemas cada vez más graves de las emisiones atmosféricas, las aguas residuales y la generación de residuos sólidos.

Existen, sin embargo, obstáculos para que se lleve a cabo el ciclo de vida de los productos, como lo son los sistemas antiguos de administración, ya que la empresa tendrá que cambiar sus políticas y ceder el paso a este ciclo. Las normas y disposiciones legales deben tornarse más flexibles para no dificultar indebidamente el reciclaje y otras medidas que ayuden a la minimización de contaminantes. Para que este ciclo alcance el éxito deseado, se deberán planear los cambios en la organización, desde la formación de una estructura inexistente para absorber funciones nuevas o desplazadas de otra parte hasta la

---

---

desaparición de estructura asimilando las funciones en otras áreas de la organización, pasando por los esfuerzos dirigidos a un funcionamiento más satisfactorio de las estructuras organizacionales, con frecuencia manifestadas en reingeniería o la sistematización de funciones de apoyo de sistemas de información computarizados.

Por otro lado, se tendrán que buscar medios para obtener ideas innovadoras que limiten los residuos, los empresarios necesitarán revisar los incentivos que promuevan procesos de producción viables.

Las ganancias económicas en el Ciclo de Vida de los Productos se podrán apreciar a largo plazo, ya que las ganancias para la empresa suelen ser indirectas, por lo que las compañías encontrarán motivos para cambiar sus procesos (de ser necesarios) de modo que se minimizen los residuos contaminantes. Los impuestos o multas por contaminación hacen que los costos de medio ambiente corran a cargo del fabricante, de manera que se convierte en un punto importante cuando se haga la toma de decisiones en la producción.

Los incentivos económicos no bastarán por sí solos para implementar el Ciclo de Vida de los Productos. Los procesos tradicionales de producción están establecidos para que proporcionen los máximos beneficios inmediatos al empresario y a los consumidores de un producto determinado en un sistema económico, sin mayores consideraciones sobre el medio ambiente. Hay que pensar en enfoques globales para alcanzar el equilibrio adecuado entre beneficios económicos estrechamente definidos y exigencias ambientales.

Los conceptos del ciclo de vida y su implementación requerirán de mayor difusión por medio de capacitaciones, publicaciones, etc. La doctrina de este ciclo tendrá que ser adquirida por dirigentes, autoridades, empresarios, empleados, obreros y medios de comunicación. Deben abrirse paso en la conciencia social y orientar la actividad de la administración y de las industrias.

Es necesario planear los aspectos del control, cómo se va a llevar a cabo, cómo se va a observar el desempeño del sistema, con qué criterios se evaluarán sus comportamientos y cómo se va a corregir las desviaciones que se detecten. Estos aspectos se deben desarrollar para realizar una guía para la prevención de la contaminación ambiental, la cual consiste en:

- ◆ El establecimiento del PPC
- ◆ Organización de un programa
- ◆ Evaluación preliminar
- ◆ Escribir el plan del programa
- ◆ Realizar una evaluación detallada
- ◆ Definir opciones de PC
- ◆ Realizar un análisis de factibilidad
- ◆ Escritura del reporte de evaluación
- ◆ Implementación del Plan
- ◆ Medición del progreso
- ◆ Mantenimiento del Programa de Prevención de la Contaminación

---

La implementación de la Guía para la Prevención de la Contaminación Ambiental deberá de tener todo el apoyo de los directivos de las empresas, así como de las capacitaciones necesarias para poder llevar el entendimiento de la importancia que tendrá poder alcanzar los objetivos ambientales requeridos. Así mismo será necesario capacitar al personal para obtener los datos correctos en el llenado de las hojas de trabajo para la prevención de la contaminación ambiental.

Cabe mencionar que una vez iniciado el programa de prevención de la contaminación ambiental, no se alcanzará el ciclo de vida de los productos de la noche a la mañana, ya que faltan conocimientos para acotar debidamente los problemas, pero si se llegará a la minimización de los contaminantes en forma progresiva.

Las dificultades para establecer un ciclo de vida son de grandes dimensiones, debido sobre todo a la complejidad que comporta armonizar el deseo de un desarrollo industrial con las exigencias de seguridad que reclama el medio ambiente.

### ***Recomendaciones***

A pesar de los esfuerzos que solo grupos pequeños de individuos conscientes han realizado con respecto a la contaminación ambiental, tales como la implantación de nuevas leyes y normas de calidad del aire, existe aún demasiada ignorancia por parte de la mayoría de los mexicanos. En nuestras manos están como ingenieros, el poder transmitir a los industriales, empleados, obreros y familias la importancia que tiene este tema, pues a pesar de que diariamente se escuchan noticias relacionadas con la contaminación de aire, agua y suelos en los medios informativos, poco son las personas que comprenden lo que está pasando en el país.

Un ingeniero industrial al estar al mando de los sistemas productivos de una industria puede ser uno de los elementos más poderosos para iniciar no sólo el análisis del ciclo de vida de los productos sino también dar una capacitación excelente sobre este tema. Pues no hay que olvidar que la empresa es una de las escuelas más eficientes

Los ingenieros que realizan los programas de las carreras de ingeniería deberían de darle más peso aún, a la materia de sistemas de mejoramiento ambiental, pues esta no debería de ser una materia opcional sino debería ser integrada a los planes de todas las carreras de ingeniería como una materia obligatoria y con los créditos más altos. No es posible minimizar o prevenir lo que no se conoce.

Si en algún caso no es posible realizar un plan para el análisis del ciclo de vida de los productos como el que se mostró en este trabajo, se debe de hacer un esfuerzo para que se realice algo muy semejante a los planes antes descritos.

Si a través de los tiempos se han podido desarrollar gestiones empresariales en México, y en diversas empresas fue posible llevar a cabo la reingeniería, tal vez en un momento no muy lejano también se llegue a realizar con conciencia las gestiones ambientales que el país necesita con gran urgencia.

---

## BIBLIOGRAFÍA

- 1) Poder Ejecutivo Federal. - Programa de Medio Ambiente 1995 - 2000. México. D.F. 1995
- 2) Serie Estudios. - Medio Ambiente humano .- Secretaria de la Presidencia. - ed. Segunda. 1996
- 3) Banco Mundial.- Consideraciones ambientales para el sector de desarrollo industrial. 1987.
- 4) Bravo, H. A. y Torres R.- Notas del curso: Control de contaminantes atmosféricos.- Centro de Ciencias de la Atmósfera.- U.N.A.M. - México.- 1996
- 5) Notas del curso: Técnicas de mejoramiento ambiental. Residuos sólidos.- Facultad de Ingeniería.- U.N.A.M. - México. 1995
- 6) Stiftung Friedric. - Desarrollo y medio ambiente en México. - Diagnóstico 1990 Ed. Funcación Universo XXI. - ed. Primera.
- 7) EPA (1992) Environmental Protection Agency Pollution Prevention Directive. U.S. EPA, Facility Pollution Prevention Guide; May.
- 8) Keolian, G.A. y Menerey D. (1994) "Sustainable Development by Desing: Review of life cycle design and related approaches". J. Air & Waste Manage. Assoc. 44(5): 465-668.
- 9) E.P.A.- Facility Pollution Prevention Guide.- Mayo 1992.
- 10)CMA (1990) "Improving Performance in the chemical industriy: Ten Steps for pollution prevention", Chemical Manufacturers Association. Citado por Freeman, H., T. Harten, J. Springer, P. Randall, M.A. Curran y K. Stone (1992) "Industrial Pollutin Prevention: A Critical Review". J. Air Waste Manage. Assoc. 42(5): 618-656.
- 11)Pojasek, R.B. (1988) "Implementing a Waste Reduction Program". Proceedings of Hazardous Waste Minimization: Corporate Strategies and Federal/State Initiatives, Government Institutes, Inc., Washington. April.

## Bibliografía

---

- 12) Nadler Gerald .- Diseño de sistemas de producción .- Ed. El Ateneo .- ed. Primera .- Buenos Aires, Argentina .- 1981 .- p.p. 210
- 13) White Allen L. and Shapiro K.- Life cycle assesment: A secon opinion.-Environmental Science And Tenchnology 27 No. 6. - 1993. - p.p. 1016. - 1017.