CONAM
POR EL DESARROLLO SOSTENIBLE

CET PERU
Centro de Eficiencia Tecnológica
Centro Nacional de Producción Más Limpia

Guía de
Producción Más Limpia

Lima, 2005

USAID | PERU
DE PARTE DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

Esta publicación es auspiciada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID).

Guía de Producción Más Limpia

ÍNDICE

Página
Presentación 4
1. ¿A quién esta dirigida esta Guía? 4
2. Definiciones y siglas..... 4
3. Principios de Producción Más Limpia (PML)..... 6
3.1 ¿Qué es Producción Más Limpia? 6
3.2 ¿Por qué implementar un Programa de Producción Más Limpia? 6
4. Estrategias de Producción Más Limpia..... 8
5. Metodología para desarrollar un programa de Producción Más Limpia..... 9
1ra. Etapa: Planeamiento y organización..... 10
1.1 Involucrar y obtener el compromiso de la Gerencia 10
1.2 Establecer el equipo conductor del proyecto 11
1.3 Definir objetivos generales 11
1.4 Elaborar el Plan de Trabajo..... 12
1.5 Identificar barreras y soluciones..... 12
2da. Etapa: Auditoria de Producción Más Limpia..... 13
2.1 Recopilar información sobre los procesos..... 14
2.2 Definir y evaluar las actividades de la empresa..... 15
2.3 Enfocar el trabajo del equipo auditor en las áreas prioritarias de la planta..... 16
2.4 Elaboración de balances de materiales y de energía para las operaciones unitarias prioritarias..... 17
2.5 Definir las causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias energéticas 17
2.6 Desarrollar opciones de Producción Más Limpia 18
2.7 Pre-seleccionar las opciones generadas 19
3ra. Etapa: Estudio de factibilidad..... 20
3.1 Evaluación preliminar..... 20
3.2 Evaluación técnica..... 20
3.3 Evaluación económica..... 21
3.4 Evaluación ambiental..... 23
3.5 Selección de opciones factibles..... 23
3.6 Presentación del Informe Final..... 24
3.7 Revisión del informe por la empresa 24
4ta. Etapa: Implementación y seguimiento..... 24
4.1 Obtención de fondos..... 25
4.2 Preparar el plan de Producción Más Limpia..... 25
4.3 Implantar las opciones de Producción Más Limpia..... 25
4.4 Supervisar y evaluar el avance..... 26
5ta. Etapa: Mantenimiento..... 26
5.1 Mantener las actividades de Producción Más Limpia..... 27
6. Producción Más Limpia y los sistemas de gestión ambiental..... 27
Referencias..... 28
ANEXO A..... 29
Cuestionario inicial de Producción Más Limpia..... 29
Fuente: CET-Perú. Cuestionario inicial de Producción Más Limpia. 31
Anexo B..... 32
Cuestionario técnico..... 32
Fuente: CET-Perú. Cuestionario Técnico de Producción Más Limpia..... 34

Anexo C..... 35
Mapa de procesos..... 35
Anexo D..... 40
Modelo de Diagrama de Flujo..... 40
Anexo E..... 42
Operaciones unitarias y procesos unitarios..... 42
Anexo F..... 44
Método para realizar balance de masa, balance de energía y..... 44
cálculo de consumos y descargas específicas..... 44
5.3 Cuantificación de emisiones gaseosas..... 51
Anexo G..... 61
Evaluación de opciones - Método de la suma ponderada..... 61
Anexo H..... 55
Metodología cualitativa para identificar aspectos ambientales significativos..... 55
Anexo I..... 55
Modelo de informe final de Producción Más Limpia..... 55
Anexo J..... 58
Fuentes de Financiamiento..... 58

Guía de Producción Más Limpia

Presentación

1. ¿A quién esta dirigida esta Guía?

La Guía de Producción Más Limpia está particularmente dirigida a las siguientes personas:

- Mandos altos y personal técnico de empresas interesados en desarrollar proyectos de Producción Más Limpia.
- Profesionales e instancias que trabajan en Producción Más Limpia, por ejemplo, consultores, universidades y profesionales del sector público y privado.

La presente Guía tiene como propósito:

- Constituirse en un instrumento técnico voluntario y práctico para facilitar la introducción de las prácticas de Producción Más Limpia.
- Ser un apoyo técnico para las empresas en su adecuación ambiental y en la optimización de sus procesos.

2. Definiciones y siglas

2.1 Aspecto ambiental
Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente.
(ISO 14001:2004)

2.2 Impacto Ambiental
Cualquier cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.
(ISO 14001:2004)

2.3 Contaminación
La contaminación es un cambio desfavorable en las características físicas, químicas o biológicas del aire, del agua o de la tierra, que es o podría ser perjudicial para la vida humana, para la de aquellas especies deseables, para nuestros procesos industriales, para nuestras condiciones de vivienda o para nuestros recursos culturales; o que desperdicie o deteriore recursos que son utilizados como materias primas.
(Science Advisory Board, de la EPA).

2.4 Prevención de la contaminación
Prevención de la contaminación es el uso de procesos, prácticas o productos que permiten reducir o eliminar la generación de contaminantes en sus fuentes de origen, es decir, que reducen o eliminan las sustancias contaminantes que podrían penetrar en cualquier corriente de residuos o emitirse al ambiente (incluyendo fugas), antes de ser tratadas o eliminadas, protegiendo los recursos naturales a través de la conservación o del incremento en la eficiencia.
(Science Advisory Board, de la EPA).

2.5 Mejor tecnología disponible (Best Available Technology - BAT)
Son los medios más eficaces y avanzados para el desarrollo de las actividades productivas y de sus modalidades de explotación, que demuestren la capacidad práctica de determinadas técnicas para constituir, en principio, la base de los valores límites de emisión destinados a evitar o, cuando ello no sea aplicable, reducir en general las emisiones y el impacto ambiental.

En este contexto, se definen los siguientes términos:

- **Tecnología:** las técnicas, métodos y procedimientos utilizados, incluyendo el diseño de la instalación y la forma de su construcción, uso, mantenimiento y abandono.
- **Mejor tecnología:** las técnicas más eficaces para proteger el ambiente en su conjunto.
- **Disponible:** las técnicas accesibles en el mercado, cuya utilización permita la producción de bienes y servicios bajo condiciones competitivas, tanto en términos técnicos como económicos.

(Directiva 96/61/CE del Consejo de la Unión Europea, Nº L257/26, de 24 de septiembre de 1996).

2.6 Sistema de Gestión Ambiental - SGA
Parte del sistema de gestión de una organización, empleada para desarrollar e implementar su política ambiental y gestionar sus aspectos ambientales.
(ISO 14001:2004)

2.7 Política ambiental
Intenciones y dirección generales de una organización relacionadas con su desempeño ambiental, como las ha expresado formalmente la alta dirección.
(ISO 14001:2004)

2.8 Desempeño ambiental
Resultados medibles de la gestión que hace una organización de sus aspectos ambientales.
(ISO 14001:2004)

2.9 Benchmarking
Un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales.
(Michael J. Spendolini)

2.10 Ecoeficiencia
Producción de bienes y servicios a niveles competitivos a la par de una reducción sistemática del consumo de recursos y de la generación de contaminantes.
(WBCSD, Cumbre de la Tierra en Río, 1992)

Siglas

PML: Producción Más Limpia
SGA: Sistema de Gestión Ambiental
ISO: Internacional Organization for Standardization

BAT: Best Available Technology.La mejor tecnología disponible
PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. UNEP en inglés.
EPA: Environmental Protection Agency. Agencia de Protección Ambiental de los E.E.U.U.
CET-Perú: Centro de Eficiencia Tecnológica. Centro Nacional de Producción Más Limpia del Perú.
MSDS: Material Safety Data Sheet. Hoja de datos de seguridad de los materiales.
REM: Radiaciones electromagnéticas
CIIU: Código Industrial Internacional Uniforme
WBCSD: World Business Council for Sustainable Development
CFC: Clorofluorocarbono, denominados también Halones
USAID: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
SECO: secretaría de estado para los asuntos económicos de Suiza.

3. Principios de Producción Más Limpia (PML)

3.1 ¿Qué es Producción Más Limpia?

Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada para los procesos, productos y servicios con el objetivo de incrementar la eficiencia y reducir los riesgos sobre la población humana y el ambiente.

En los procesos se orienta a:

- La conservación y ahorro de materias primas, agua y energía, entre otros insumos.
- La reducción y minimización de la cantidad y peligrosidad de residuos (sólidos, líquidos y gaseosos).
- La sustitución de materias primas peligrosas y la reducción de los impactos negativos que acompañan su extracción, almacenamiento, uso o transformación.

En los productos se orienta a:

- La reducción de los impactos negativos que acompañan el ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final.

En los servicios se orienta a:

- La incorporación de la dimensión ambiental tanto en el diseño como en la prestación de los servicios.

FUENTE: (PNUMA)

Esto implica cambios de actitud, gestión responsable, evaluar nuevas tecnologías, crear políticas e incrementar el valor a los clientes.

3.2 ¿Por qué implementar un Programa de Producción Más Limpia?

Los beneficios para las empresas que implementan prácticas de Producción Más Limpia incluyen:

- **Mejoras en la productividad y la rentabilidad**: los cambios a efectuarse en la producción conllevan a un aumento en la rentabilidad, debido a un mejor

aprovechamiento de los recursos y a una mayor eficiencia en los procesos, entre otros.

- **Mejoras en el desempeño ambiental:** un mejor uso de los recursos reduce la generación de residuos, los cuales pueden, en algunos casos, reciclarse, reutilizarse o recuperarse. Consiguientemente, se reducen los costos y se simplifican las técnicas requeridas para el tratamiento al final del proceso y para la disposición final de los residuos.

- **Mejoras en la imagen:** por ser amigables con el medio ambiente.

- **Mejoras en el entorno laboral:** contribuye a la seguridad industrial, higiene, relaciones laborales, motivación, etc.

- **Adelantarse a gestiones futuras inevitables:** a corto o mediano plazo, las empresas deberán adecuarse a la reglamentación ambiental. Ante esta realidad, es preferible ser parte de la gestión del cambio antes de que se imponga por la reglamentación o por las exigencias del mercado, tomando en cuenta que los recursos son limitados y, en el largo plazo, las empresas no tendrán derecho a "derrochar" recursos, que a otros les pueden faltar, aunque paguen por ellos.

Las estrategias de Producción Más Limpia debidamente implementadas causan que:

Siempre	Reducen las responsabilidades a largo plazo que las empresas pudiesen enfrentar luego de muchos años de estar generando contaminación.
Usualmente	• Incrementan la rentabilidad. • Reducen los costos de producción. • Aumentan la productividad. • Generan una rápida recuperación de capital sobre cualquier inversión que haya sido necesaria. • Aumentan la competitividad y por ende el mercado de un producto. • Conllevan un uso más eficiente de la energía y la materia prima. • Mejoran la calidad del producto. • Aumentan la motivación del personal. • Motivan la participación activa del trabajador quien aporta ideas y contribuye en su implementación. • Reducen los riesgos del consumidor. • Reducen el riesgo de accidentes ambientales. • Son apoyadas por los empleados, las comunidades locales, clientes y el público en general.
A menudo	• Evitan los costos por incumplimiento de las leyes. • Disminuyen el costo de los seguros. • Hacen más factible recibir financiamiento de instituciones financieras y otros prestamistas. • Son rápidas y fáciles de implementar. • Requieren una mínima inversión de capital.

4. Estrategias de Producción Más Limpia

El enfoque de Producción Más Limpia requiere la aplicación de un criterio jerárquico en las prácticas de gestión ambiental (Figura Nº 1). El orden de preferencias en la toma de decisiones sobre diseño y explotación es como sigue:

- Prevención de la generación de residuos y emisiones;
- Reciclaje;
- Tratamiento;
- Eliminación segura;

Las alternativas de reciclaje interno se deben usar sólo cuando se hayan puesto en práctica plenamente las técnicas de prevención. El tratamiento de los residuos se debe considerar sólo cuando los residuos se hayan reciclado tanto como sea posible. El empleo del reciclaje externo y de las tecnologías "al final del tubo" sólo se deben emplear después de haber agotado los métodos de prevención de la contaminación o de Producción Más Limpia.

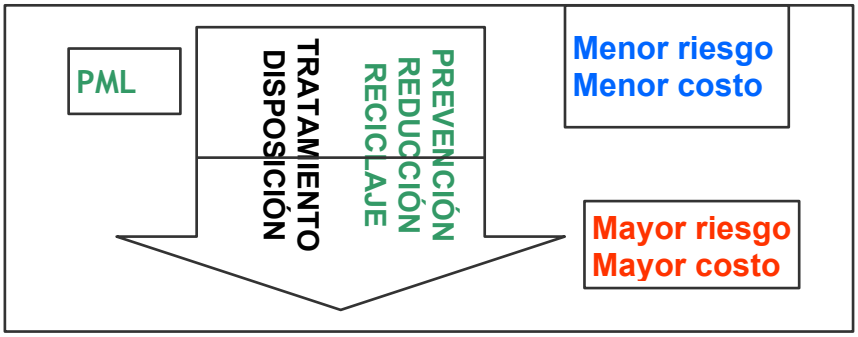


Figura 1: Criterio jerárquico en la gestión ambiental

Entre las prácticas de Producción Más Limpia tenemos:

1. Buenas prácticas operativas	- Procedimientos de Organización y Métodos - Prácticas de gestión - Segregación de residuos - Mejor manejo de materiales - Cronograma de producción - Control de inventario - Capacitación
2. Substitución de insumos	- Insumos menos tóxicos - Materiales renovables - Materiales auxiliares que aporten un tiempo de vida más largo en producción
3. Mejor control de los procesos	- Procedimientos operativos e instrucciones de los equipos disponibles y redactados en forma clara de manera que los procesos se ejecuten más eficientemente y produzcan menos residuos y emisiones - Registro de las operaciones para verificar

	cumplimientos de especificaciones de procesos
4. Modificación del equipo	- Mejor equipo - Mejores condiciones de operación - Equipo de producción e instalaciones de manera que los procesos se hagan con mayor eficiencia y se generen menores residuos y emisiones
5. Cambio de tecnología	- Cambios en la planta - Mayor automatización - Mejores condiciones de operación - Tecnología nueva
6. Reutilización, recuperación y reciclaje in situ	- Reutilización de materiales residuales dentro del mismo proceso para otra aplicación en beneficio de la empresa
7. Producción de sub-productos útiles	- Transformación del residuo en un subproducto que puede ser vendido como insumo para empresas en diferentes sectores del negocio
8. Reformulación/rediseño del producto	- Diseño con menor impacto ambiental durante o después de su uso - Diseño con menor impacto ambiental durante su producción - Incremento de la vida útil del producto

5. Metodología para desarrollar un programa de Producción Más Limpia

La implementación de un programa de Producción Más Limpia en una empresa es un proceso compuesto de 5 etapas. (Véase Figura 2)

- Planeamiento y organización
- Auditoria de Producción Más Limpia
- Estudio de Factibilidad
- Implementación y seguimiento de las opciones de Producción Más Limpia
- Mantenimiento

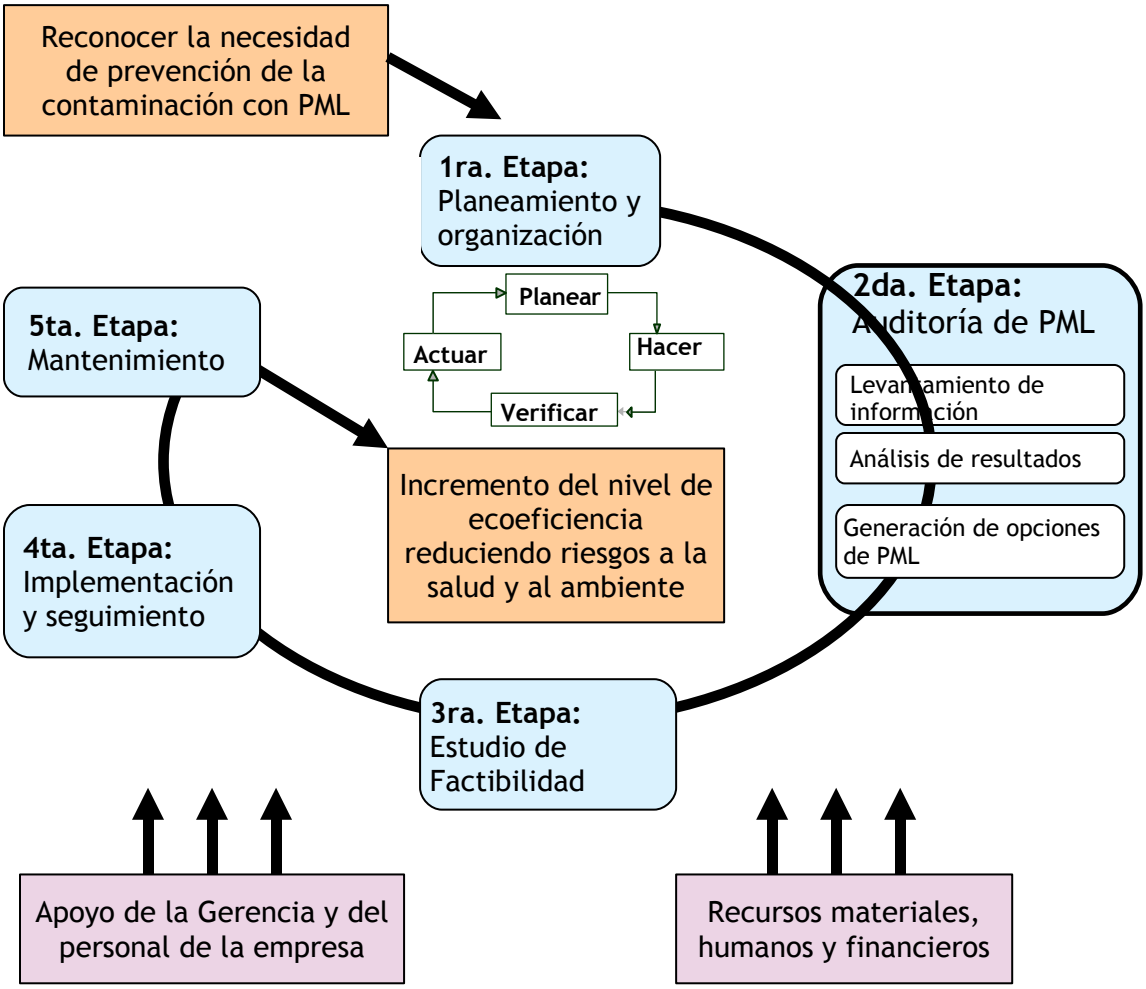


Figura 2: Etapas para la implementación de un programa de Producción Más Limpia

La elaboración de este programa se detalla a continuación.

1ra. Etapa: Planeamiento y organización

1.1 Involucrar y obtener el compromiso de la Gerencia
1.2 Establecer el equipo conductor del proyecto
1.3 Definir objetivos generales
1.4 Elaborar el Plan de Trabajo
1.5 Identificar barreras y soluciones

1.1 Involucrar y obtener el compromiso de la Gerencia

El compromiso de la Gerencia es la fuerza impulsora para el desarrollo de un proyecto de Producción Más Limpia, pues implica disponer de recursos materiales, humanos y financieros para lograr los objetivos.

Es importante señalar que, para que la Alta Gerencia sea conciente de la necesidad de implantar un programa de esta naturaleza, ésta debe estar informada de los beneficios que pueden lograr las medidas de Producción Más Limpia.

Son responsabilidades de la Alta Gerencia:

- Constituir un comité de Producción Más Limpia que sea responsable de la implementación y coordinación de las actividades del programa.
- Nombrar como responsable del comité a una persona que tenga la jerarquía y la autoridad suficiente para garantizar la realización del programa.
- Garantizar los recursos económicos y humanos necesarios para el apoyo del programa.
- Difundir las metas del programa en la planta y en las oficinas de la empresa, y estimular la participación y el interés de todos los empleados.

1.2 Establecer el equipo conductor del proyecto

Todas las áreas afectadas por la evaluación de Producción Más Limpia deberán involucrar al menos un representante en el equipo de trabajo (Comité de Producción Más Limpia). El tamaño del equipo estará conformado según la estructura organizacional de la empresa.

Requisitos de los miembros del Comité de Producción Más Limpia:

- Conocimientos adecuados sobre los procesos de la planta.
- Capacidad y creatividad para desarrollar y evaluar medidas de ahorro de energía y de prevención de la contaminación.
- Autoridad para implementar cambios en la empresa.
- Proactividad.

El comité de Producción Más Limpia puede incluir, entre otros, a miembros de la gerencia de la empresa, gerentes de producción, ingenieros, químicos, y a responsables de líneas de producción, mantenimiento o control de calidad. Generalmente, la participación de los consultores externos, expertos en temas de prevención de la contaminación o de ahorro de energía, se concentra principalmente en las actividades del diagnóstico de Producción Más Limpia y, en algunos casos, en la evaluación técnica detallada de las medidas identificadas durante la auditoria.

El responsable del Comité de Producción Más Limpia es generalmente elegido por la Gerencia. Entre sus funciones se encuentran:

- Coordinar las actividades del programa.
- Actuar como enlace entre el Comité y los niveles ejecutivos y operativos de la empresa.
- Tomar la responsabilidad de la aplicación de las medidas y del logro de las metas del programa.

1.3 Definir objetivos generales

Las metas deben de ser ambiciosas para motivar a realizar un esfuerzo significativo dentro del proyecto de Producción Más Limpia y a la vez deben de ser realistas para asegurar el éxito al llevarlas a cabo.

Algunos criterios a considerar en la selección de estas metas se presentan a continuación:

- Efectos en la salud
- Metodología de disposición final de residuos
- Incremento en la productividad
- Emisiones contaminantes al aire, agua y/o suelo
- Costos por confinamiento o disposición de residuos y/o emisiones
- Condiciones de operación y proceso
- Costos por consumo de materias primas y energéticos

1.4 Elaborar el Plan de Trabajo

El programa de Producción Más Limpia requiere de un plan de trabajo que permita monitorear los avances que se van logrando en el tiempo.

Programa de Actividades

A continuación, se presenta como ejemplo un cronograma tentativo para la implementación del proyecto y de las oportunidades encontradas en este. Los tiempos asignados para cada actividad están en función del tamaño de la organización, el número de trabajadores, los productos/servicios y los procesos involucrados.

Programa de actividades para el desarrollo del proyecto de Producción Más Limpia

ACTIVIDAD	MES						PRODUCTOS
	1	2	3	4	5	6	
1. Sensibilización en "Producción Más Limpia" (mín. 2 horas de duración)							Capacitación del personal
2. Auditoria de Producción Más Limpia – recopilación de información (1-8 días en total)							Plan de Auditoria
3. Auditoria de Producción Más Limpia – trabajo de campo (1-8 días en total)							Informe de Auditoria
4. Elaboración y presentación del Informe Final (3-4 semanas)							Informe Final
5. Implementación de medidas (2-6 meses)							---

6. Seguimiento de Medidas de Producción Más Limpia adoptadas.	Al año de haber implantado las oportunidades.	Reporte de Seguimiento
7. Elaboración y presentación de Informe de Seguimiento		

1.5 Identificar barreras y soluciones

Entre las principales barreras que pueden encontrarse al implementar un Programa de Producción Más Limpia tenemos:

- Actitud pesimista del personal y de la Gerencia frente a posibles cambios en los procesos de producción
- Falta de recursos económicos para comprar nuevos equipos o mejorar instalaciones
- Falta de comunicación interdepartamental y de trabajo en equipo
- Falta de personal técnico adecuado para implementar cambios de procesos
- Tipo de organización
- Carencia de información tecnológica

Algunas actividades recomendadas para superar las barreras u obstáculos que surgen en la implementación de un proyecto de Producción Más Limpia son:

- Sensibilización del personal usando para ello los beneficios económicos y ambientales
- Integración de los miembros de la empresa como un equipo que mejorará las condiciones de producción de la misma
- Presentar estudios de caso de proyectos anteriores y los éxitos conseguidos con ellos
- Recopilación de innovaciones tecnológicas de otras empresas del mismo sector
- Presentación de resultados de evaluaciones económicas y ambientales de las actuales condiciones de producción en la empresa

2da. Etapa: Auditoria de Producción Más Limpia

Levantamiento de información	2.1 Recopilar información sobre los procesos 2.2 Definir y evaluar las actividades de la empresa 2.3 Enfocar el trabajo del equipo auditor en las áreas prioritarias de la planta
Análisis de resultados	2.4 Elaboración de balances de materiales y de energía para las operaciones unitarias prioritarias 2.5 Definir las causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias energéticas
Generación de opciones de Producción Más Limpia	2.6 Desarrollar opciones de Producción Más Limpia 2.7 Pre-seleccionar las opciones generadas

La Auditoria de Producción Más Limpia es indispensable para desarrollar las bases técnicas y financieras del programa.

La Auditoria de Producción Más Limpia es generalmente realizada por un equipo de consultores externos, expertos en Producción Más Limpia, en temas de ahorro de energía y de prevención de la contaminación, y es apoyada por los miembros del comité de Producción Más Limpia. Se debe asegurar que las personas que lleven a cabo la Auditoria de Producción Más Limpia, en especial el auditor líder, tengan el conocimiento y el entrenamiento adecuado para llevar a cabo las siguientes tareas:

- Recopilar y organizar datos de producción/servicio, de consumo de energía, materias primas e insumos, y de generación de residuos y emisiones
- Recopilar información sobre los procesos de la planta
- Evaluar las causas de las ineficiencias en los procesos productivos que resultan en el desperdicio de energía o de materias primas y en la generación de residuos y emisiones
- Identificar las medidas que pueden ser implementadas para aumentar la eficiencia energética y el rendimiento ambiental de la planta
- Realizar una evaluación técnica, económica y ambiental de las medidas de Producción Más Limpia generadas en el diagnóstico

2.1 Recopilar información sobre los procesos

Este paso tiene como objetivo familiarizar al equipo auditor con las actividades de la empresa, y recopilar la información necesaria para guiar al equipo y facilitar la generación de opciones de Producción Más Limpia. Para lograr estos objetivos se deben realizar las siguientes actividades:

- Recopilar información general sobre el equipo y los procesos utilizados por la empresa, temas ambientales relacionados con dichos procesos, y estudios de prevención de la contaminación o de eficiencia energética realizados en este sector industrial.

  Las fuentes posibles de información para esta investigación inicial incluyen UNEP, UNIDO, EPA, publicaciones industriales, casos exitosos de los centros nacionales de producción más limpia, organizaciones gremiales, universidades, bancos de información, bibliotecas especializadas y proveedores de equipos.

- Recopilar también datos preliminares sobre las actividades de la empresa tales como:

  - Los niveles de producción;
  - El costo de las materias primas, insumos y energéticos;
  - El uso de las materias primas, insumos y energéticos por unidad de producción (estos valores representan los índices de producción y los índices energéticos de la empresa);
  - El tipo, cantidad y origen de los residuos generados por la planta; y
  - El costo de tratamiento y disposición de los residuos.

  Esta recopilación debe tener en cuenta el tamaño, la naturaleza y la complejidad de la organización. Esta información es muy valiosa para entender y tener una idea preliminar clara sobre los procesos de la planta, especialmente de aquellos que tengan mermas, generen contaminación y/o energéticamente no sean muy eficientes.

  Muchas veces los auditores utilizan como herramientas para el levantamiento de información una lista de verificación con los documentos y registros necesarios o cuestionarios para ser cuidadosamente contestados. En los Anexos A y B, se incluyen los cuestionarios utilizados por el Centro Nacional de Producción Más Limpia, CET-Perú, en la fase de diagnóstico o levantamiento de línea base.

  Esta recopilación de información se completará en mayor detalle durante la realización de la auditoria in situ y será de vital importancia en el desarrollo del

programa de Producción Más Limpia. Los datos recolectados servirán tanto para definir las áreas de oportunidad hacia donde se enfocarán los recursos y esfuerzos del equipo auditor, como para controlar y evaluar los avances logrados con la implementación de medidas de ahorro de energía o de prevención de la contaminación.

- Llevar a cabo una inspección general del proceso de producción y de las actividades auxiliares de la planta con el fin de entender todas las operaciones del proceso y sus interrelaciones.

  En lo posible, la auditoria debe seguir el proceso de producción desde el inicio hasta el final, centrándose en las áreas donde se generan los productos, residuos y emisiones.

  Durante el recorrido, es importante hablar con los operarios, puesto que ellos a menudo tienen ideas o información que puede ser útil para identificar fuentes de residuos y oportunidades de Producción Más Limpia. Las entrevistas deben realizarse a las personas que desempeñan actividades o tareas dentro del alcance de la auditoria, durante las horas normales de trabajo y, en lo posible, en el lugar de trabajo habitual de la persona entrevistada.

2.2 Definir y evaluar las actividades de la empresa

Para definir y evaluar las actividades de la empresa, el equipo auditor debe llevar a cabo lo siguiente:

- Identificar los procesos de una empresa a través de un "Mapa de Procesos".
  El Mapa de Procesos es una aproximación que define la organización como un sistema de procesos interrelacionados. En el Anexo C, se presenta la metodología para desarrollar el Mapa de Procesos.

- Dividir los procesos en operaciones unitarias.
  Una operación unitaria puede definirse como un equipo o área del proceso donde se introducen los materiales, ocurre una función y se extraen los materiales, posiblemente en diferente forma, estado o composición. Con el fin de facilitar el trabajo del equipo en esta etapa preliminar del diagnóstico, los diferentes procesos unitarios pueden agruparse en "áreas de procesos".

- Elaborar un diagrama de flujo del proceso enlazando las operaciones unitarias.
  Un diagrama de flujo es una representación esquemática del proceso de producción, la cual detalla la secuencia de operaciones que transforman las materias primas e indica las entradas y salidas de cada proceso unitario, véase Anexo D. Una vez completado, el diagrama de flujo sirve para identificar todas las fuentes de residuos sólidos, líquidos o emisiones gaseosas generados por la planta. Este diagrama debe ser lo más claro y sencillo posible para que cualquier miembro del equipo lo interprete correctamente.

- Evaluar las entradas y salidas de los procesos unitarios.
  En esta etapa el equipo auditor desarrolla y ejecuta un plan para lograr cuantificar de la manera más precisa las condiciones del proceso, por medio del registro de las cantidades de materias primas y recursos energéticos consumidos, de residuos, emisiones y subproductos generados, con la finalidad de realizar un adecuado análisis de la eficiencia de las operaciones unitarias involucradas

dentro del proceso. El costo de los flujos de residuos debe incluir, entre otros, el valor de las materias primas desperdiciadas, el valor del contenido energético (calor) de los flujos de salida de las operaciones unitarias, y el costo de tratamiento o disposición de los residuos.

En el Anexo E, se describen brevemente los procesos y operaciones unitarias involucrados en el proceso productivo.

La revisión de las entradas y salidas de las operaciones unitarias de la planta permiten identificar las medidas obvias de ahorro de energía y de prevención de la contaminación. Las medidas obvias de Producción Más Limpia incluyen por ejemplo:

- La eliminación de fugas de vapor, aire comprimido y agua;
- El cumplimiento con los parámetros e instrucciones de proceso establecidos para la operación de equipos y procesos; y
- La prevención de derrames de materias primas.

Estas actividades se facilitan y enriquecen al tener al lado una persona de la planta que conoce todos los detalles del proceso productivo. Es indispensable que el equipo que realiza la Auditoria de Producción Más Limpia desarrolle una relación abierta y estrecha con el personal técnico de la planta.

2.3 Enfocar el trabajo del equipo auditor en las áreas prioritarias de la planta

La información desarrollada en las etapas precedentes sirve para evaluar todas las operaciones unitarias y seleccionar las áreas prioritarias para el diagnóstico de Producción Más Limpia. Para la selección de las áreas prioritarias se deben considerar los siguientes criterios:

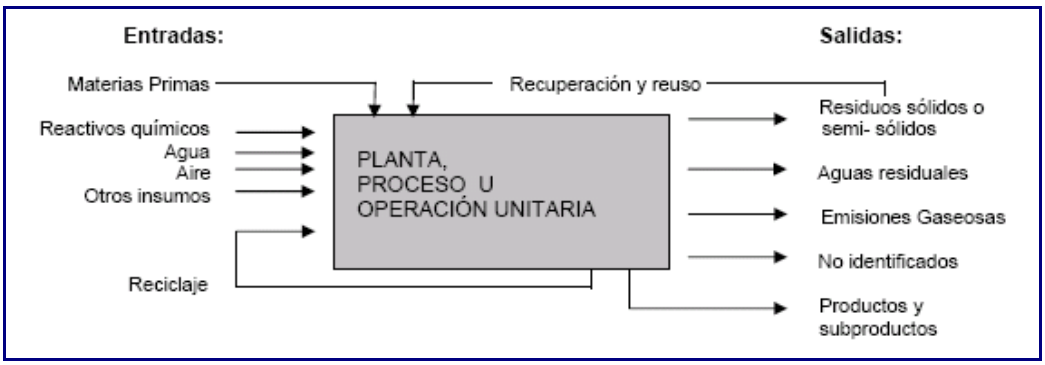
- Etapas de mayor generación de residuos y emisiones;
- Etapas con mayores pérdidas económicas;
- Costo de las materias primas y de la energía;
- Cumplimiento con los reglamentos y normas presentes y futuras
- Costos por la administración de residuos y emisiones
- Riesgo de seguridad para el personal y el entorno
- Potencial para reducir o eliminar los cuellos de botella de producción, donde se genera mayor cantidad de residuos y se tienen mayores pérdidas económicas
- Presupuesto disponible para la realización de las opciones de Producción Más Limpia
- Capacidad de las empresas para obtener medios de financiamiento
- Expectativas respecto a la competitividad de la empresa

El equipo auditor debe considerar los objetivos y las prioridades de la planta, el presupuesto del diagnóstico, la experiencia de los integrantes del equipo auditor, y otras limitaciones para llegar a preparar un plan de auditoria que satisfaga la mayor parte de los diferentes requerimientos bajo las cuales se está desarrollando el trabajo.

2.4 Elaboración de balances de materiales y de energía para las operaciones unitarias prioritarias

El balance de masa y energía tiene como finalidad, cuantificar y detectar las áreas donde hay alguna situación anómala, por ejemplo cuando se tienen emisiones fugitivas, una elevada generación de residuos, un elevado consumo de materias primas y una elevada generación de desperdicio, etc.

Los posibles ingresos que deben cuantificarse para hacer un balance de masa, se presentan en la siguiente figura:



Componentes típicos de un balance de masa

Este balance sirve para estimar los costos de operación del proceso o bien determinar las entradas y salidas no cuantificadas. Al detectar este tipo de costos, el equipo auditor tiene otro factor a su favor para convencer a la gerencia de la planta a realizar una inversión inmediata en el proyecto de Producción Más Limpia.

Fuentes de Información para elaborar el balance de materiales:

- Registros de compra de materias primas.
- Inventarios de material y emisiones.
- Registro de composición de lotes.
- Especificaciones de producto.
- Registros de operación.
- Procedimientos de operación estándar y manuales de operación.
- Muestreo y análisis de mediciones de materia prima, materiales de suministro, productos, residuos y emisiones.
- Facturación de energía eléctrica, agua, combustible.
- Limpieza de equipo y procedimientos de operación.
- Referencias bibliográficas, apoyo de consultoría y lluvia de ideas del personal de planta.

En el Anexo F, se presenta un método para realizar el balance de masa y balance de energía, herramientas importantes para identificar pérdidas, encontrar oportunidades de producción más limpia y, obtener una mayor eficiencia productiva. El Anexo, detalla cómo evaluar las mejoras mediante el uso de indicadores de consumo específico y descarga específica.

2.5 Definir las causas de los flujos de contaminantes y de las ineficiencias energéticas

Una vez obtenido el balance de materia y energía de los procesos unitarios prioritarios, éste debe de ser utilizado como la herramienta básica para identificar las causas de la generación de emisiones y residuos o los factores responsables de las ineficiencias en estos procesos.

Con esta base puede determinarse que variables hay que cambiar y/o modificar para lograr una adecuada actividad productiva. Estas variables pueden deberse a diversos factores tales como:

1. Causas relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva:

- Calidad de materias primas
- Escasez de materiales
- Sistema de administración de compras
- Inadecuado almacenamiento

2. Causas relacionadas con la tecnología:

- Falta de mantenimiento e inadecuada operación
- Mal diseño del proceso o del equipo
- Mala disposición de las instalaciones
- Tecnología obsoleta

3. Causas relacionadas con las prácticas operativas:

- Falta de personal calificado
- Desmotivación de los empleados

4. Causas relacionadas con los residuos.

- No se tiene un programa de reuso o reciclaje
- No se tiene una estimación de costos por el concepto de generación de residuos

Para lograr un buen entendimiento de las causas de las ineficiencias en cada operación unitaria, el equipo auditor tendrá que consultar e involucrar en esta evaluación a los operadores, técnicos y los supervisores de producción. De esta manera, se puede tener la certeza que las opciones de mejora serán factibles y aceptadas.

2.6 Desarrollar opciones de Producción Más Limpia

Conociendo las fuentes de generación de residuos y emisiones; así como también las fuentes de desperdicio de materias primas y energía, se inicia la búsqueda de medidas correctivas. Esta generación de opciones será de mucha mayor riqueza si se consideran las sugerencias de todos los miembros del equipo de Producción Más Limpia.

Algunos puntos básicos a considerar al generar las opciones de Producción Más Limpia se presentan a continuación:

- Cambios en las materias primas

- Cambios y modificaciones en las tecnologías
- Generar buenas prácticas operativas
- Reuso y reciclaje en planta

Cambios en las materias primas:

Mediante un cambio en las materias primas se puede reducir la generación de residuos en general y/o la formación de residuos o compuestos residuales peligrosos originados por la presencia de impurezas en las materias primas inadecuadamente seleccionadas; con lo cual se puede conseguir tambien eliminar la necesidad de un tratamiento al "final del tubo". Igualmente se puede reemplazar un compuesto peligroso o contaminante por otro más inocuo.

Cambios en las tecnologías:

Estas son modificaciones que se realizarán en el proceso o en los equipos con la finalidad de variar las condiciones que promueven una alta generación de residuos y/o emisiones, así como un uso eficiente de materias primas y energía.

Generar buenas prácticas operativas:

Consiste en una optimización de los procedimientos operativos y administrativos, con la finalidad de operar dentro de los parámetros establecidos para reducir o eliminar, residuos, emisiones, uso ineficiente de insumos y tiempos de operación.

Reuso y reciclaje en planta:

La atención dada a estas dos actividades puede dar lugar a una recuperación de materias útiles y a la localización de nuevos factores que promuevan el uso adecuado de materias primas, reduciendo así los gastos innecesarios.

2.7 Pre-seleccionar las opciones generadas

Una vez que han sido generadas las opciones de Producción Más Limpia, estas deben de ser seleccionadas, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación, rentabilidad etc. En esta etapa no deben eliminarse ninguna opción a menos que sea obviamente no factible y por último las opciones similares deben de fusionarse.

Algunos criterios a considerar en el ordenamiento de las opciones de Producción Más Limpia son:

- Organización por operación específica
- Evaluación de interferencias
- Opciones prioritarias
- Implantación de opciones fáciles
- Eliminación de opciones no factibles

3ra. Etapa: Estudio de factibilidad

Elaboración del informe de diagnóstico	3.1 Evaluación preliminar 3.2 Evaluación técnica 3.3 Evaluación económica 3.4 Evaluación ambiental 3.5 Seleccionar opciones factibles
Presentación y revisión del informe	3.6 Presentación final del informe 3.7 Revisión del informe por la empresa

3.1 Evaluación preliminar

Con la finalidad de determinar la factibilidad, técnica, económica y ambiental, las opciones de Producción Más Limpia seleccionadas deben de ser sometidas a las siguientes evaluaciones:

- Opciones técnicas vs. procedimientos
- Opciones relativamente sencillas vs. opciones complejas
- Opciones de bajo, medio o alto costo

Para cada medida de Producción Más Limpia seleccionada durante la auditoria en planta, se debe determinar el tipo de evaluación (técnica, ambiental, y/o económica) necesaria para tomar una decisión sobre su viabilidad, y la profundidad con la que se realizarán las evaluaciones consideradas necesarias.

Por ejemplo, una medida de Producción Más Limpia basada en la sustitución de insumos o en un cambio tecnológico en una operación unitaria posiblemente requiera de una evaluación técnica, ambiental y económica detallada, mientras que una medida sencilla basada en la motivación de empleados posiblemente necesite solamente una rápida evaluación ambiental y económica.

3.2 Evaluación técnica

En esta evaluación debe considerarse el impacto que tendrán esas opciones en las tasas de producción, tiempos de operación, adición o eliminación de operaciones unitarias, capacitación adicional y/o cambio de personal.

Las actividades a desarrollarse son:

- Detallar los cambios técnicos necesarios para implementar cada medida de Producción Más Limpia. Por ejemplo, describir el diseño de los cambios propuestos; especificar la naturaleza, forma y cantidad de entradas y salidas de la operación unitaria; definir las nuevas condiciones operativas propuestas y sus posibles efectos e interrelaciones con el resto de las operaciones unitarias que componen el proceso productivo.

- Determinar la factibilidad técnica de implementar los cambios requeridos por cada medida de Producción Más Limpia. La factibilidad técnica de los cambios se determina en términos de:
    - La viabilidad de los fenómenos involucrados en las operaciones unitarias;
    - La disponibilidad o accesibilidad a tecnología, materias primas e insumos, espacio físico, logística, servicios, etc.;
    - Las condicionantes (políticas, sociales, organizativas, laborales, culturales o financieras) que impedirían o limitarían la viabilidad técnica del cambio propuesto.
- Proyectar el impacto de cada medida sobre el consumo de insumos y la generación de residuos o desechos.

3.3 Evaluación económica

La finalidad de este tipo de evaluación es determinar si las opciones a implantar son rentables para la empresa. El realizar un análisis adecuado de este tipo es vital, de lo contrario la opción puede dar lugar a un fracaso económico del proyecto lo cual desalentará cualquier otro tipo de inversión en esta área.

Existen varios tipos de conceptos financieros que pueden ser utilizados para evaluar la factibilidad económica de una medida de Producción Más Limpia.

a) Los conceptos de periodo de recuperación de la inversión y rentabilidad de la inversión son utilizados para realizar evaluaciones económicas rápidas y sencillas, y son de uso frecuente en la evaluación económica de las medidas de Producción Más Limpia.

   Cálculo de ingresos: Entre los ingresos se considera el potencial de ahorro de gastos que resulta de la aplicación de las medidas, teniendo en cuenta los costos de la empresa y comparándolos con los costos generados por el uso ineficiente de recursos.

   Cálculo de egresos: Es el cálculo de los costos de la inversión necesaria para implementar medidas que reduzcan el consumo de materia prima, agua y energía, y que a la vez, tengan un impacto positivo en el ambiente, generando menos residuos, menos efluente, y menos sustancias peligrosas, etc.

   Tomando como base el período de recuperación de la inversión, generalmente se prefieren los proyectos con períodos más cortos antes que proyectos con períodos más largos. Una regla empírica es que los períodos de recuperación de la inversión de hasta 3 o 4 años son considerados por lo general como aceptables y de bajo riesgo.

   Ejemplo: Uso de arandelas metálicas (reductores de flujo) en los grifos de agua

   Recomendaciones:
   - Asegurar que los inodoros trabajen de forma adecuada. A veces, no funcionan correctamente por falta de agua, debido a que la válvula se cierra demasiado pronto.

- Asegurar que las válvulas se encuentren en buenas condiciones, que cierren correctamente y no tengan fugas.
- Asegurar que no haya sarro u otro residuo que no permita sellar bien la válvula. Si no cierra bien el inodoro puede llegar a perder más de 15 l/min (ó 21 600 l/día).
- Asegurar que el nivel del tanque sea el apropiado. Si es necesario ajustar la posición del flotador a fin de corregir el nivel del agua del tanque. Si el nivel de agua es muy elevado, se utilizará demasiada agua en cada descarga o perderá agua a través de la tubería de rebose. Si el nivel de agua es muy bajo no funcionará correctamente y será necesario descargar el tanque de agua varias veces.

Resultados esperados:

- Ahorro estimado en agua doméstica = 2 600 m^3/año (20% del consumo actual de agua doméstica)
- Ahorro económico = 5 000 US$/año
- Reducción del 20% en la descarga de aguas residuales domésticas.

Estimación del posible ahorro en agua doméstica:
Estos cálculos asumen que mediante la implementación de estas recomendaciones, por ejemplo el hotel XYZ reducirá el consumo de agua doméstica en por lo menos el 20%.

Consumo total de agua doméstica en el hotel XYZ = 88 m^3/día
Costo del agua doméstica = 0.90 US$/$m^3$
Consumo anual = 31 553 m^3
Costo anual = US $ 28 397

Reducción en el uso de agua doméstica = 20% x 88 m^3/día x 365 días/año
= 6 424 m^3/año

Ahorro económico correspondiente = 6 424 m^3/año x 0.90 US$/$m^3$
= 5 782 US$/año

Ahorro en consumo de agua Ahorro en costos	6 424 m^3/ año US $ 5782 año
Inversión	Mínima
Periodo de recuperación	Inmediato

b) Los conceptos de valor actual y valor futuro, flujo de caja, valor actual neto, y tasa interna de retorno son métodos más sofisticados y son utilizados para realizar evaluaciones de medidas complejas o costosas que requieren un análisis económico más detallado.

La mayoría de empresas utilizan la tasa interna de retorno (TIR) para priorizar proyectos de inversión que están compitiendo por financiamiento. Se prefiere la tasa interna de retorno antes que la recuperación de la inversión como el método para determinar la viabilidad económica de proyectos. La tasa interna de retorno es la tasa de rentabilidad determinada mediante flujos de fondos actualizados para un proyecto y se le considera como el interés devengado sobre el dinero invertido en un proyecto. La tasa de interés se incrementa a medida que el proyecto se hace más rentable. Para inversiones con un bajo nivel de riesgo, muchos consideran que es razonable una tasa de interés de 12% a 15% después de impuestos.

Los rubros a considerar en este análisis son los siguientes:

Ingresos

- Ahorro de gastos que resulta de la aplicación de las medidas

Egresos:

- Asesoría en ingeniería y capacitación
- Equipos de medición
- Gastos operativos y montaje
- Mantenimiento: Gastos de mantenimiento de equipos
- Disposición de residuos: Variará en función del inventario de residuos
- Monitoreo
- Depreciación: Este rubro se refiere a las inversiones en equipos.

Utilidad bruta:
Este monto resulta de la diferencia de los ingresos y egresos y a partir de este monto se calculan los impuestos a pagar.
Impuestos
Flujo de caja: Resume los ingresos menos los ingresos después de los impuestos más la depreciación y el valor residual.
VANE: Es el valor presente neto aplicando una tasa de interés.
Payback: Es el periodo de retorno de lo invertido por la empresa.
Periodo de la evaluación.

3.4 Evaluación ambiental

Este tipo de evaluación esta destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energía, consumo de materia prima etc. Una buena alternativa es comparar los balances de materiales y energía actuales y proyectados de la operación unitaria con el fin de evaluar el impacto ambiental de la opción, para luego eliminar las opciones que no tienen un impacto ambiental favorable.

Como criterio de selección debe de darse mayor peso a aquellas opciones cuya implantación, signifique una reducción de alta escala. En el Anexo H, se presenta una metodología para evaluar aspectos ambientales significativos.

3.5 Selección de opciones factibles

Una vez realizadas las evaluaciones, la información recopilada para cada opción debe de ser sometida a un proceso de documentación en el cual se establezcan los criterios de evaluación.

La forma de seleccionar las opciones a implantar puede hacerse en base a una clasificación por puntos, ponderando cada una de las evaluaciones. En el Anexo H, se

presenta un ejemplo de evaluación de opciones, utilizando el método de la suma ponderada.

3.6 Presentación del Informe Final

Luego de realizar la evaluación en planta, el equipo auditor debe presentar un Informe con los resultados obtenidos. El Informe de Producción Más Limpia debe ser elaborado de manera clara y concisa, además de:

- Presentar toda la información disponible sobre las operaciones unitarias, materias primas, productos, consumos de agua y energía
- Definir las fuentes, cantidades y tipos de residuos generados
- Identificar claramente donde se ubican los procesos ineficientes y las áreas con inadecuada gestión
- Identificar actividades que pudieran estar causando impacto ambiental e informar sobre su cumplimiento legal
- Identificar dónde existen oportunidades de Producción Más Limpia, estimar su costo de implementación y cuantificar los beneficios potenciales
- Priorizar las oportunidades de Producción Más Limpia identificadas. La prioridad debe darse a medidas con mínima inversión o inversión cero y aquellas con períodos muy cortos de recuperación de la inversión
- Incorporar un "Plan de Acción", que describe cómo deben ser implementadas las medidas de Producción Más Limpia en la empresa

En el Anexo I, se presenta un modelo simplificado de Informe de Producción Más Limpia.

3.7 Revisión del informe por la empresa

La empresa debe de estudiar de forma detallada el contenido del informe a fin de identificar las medidas que, según su criterio, son viables de implementar.

Esta revisión es un proceso minucioso y largo porque los técnicos de la empresa deben tener suficiente tiempo para verificar y analizar los datos, recomendaciones y cálculos presentados en el informe, y reportar a la gerencia los resultados y recomendaciones que surgieron de esta revisión. La revisión del informe por la empresa requiere generalmente entre uno y dos meses.

Durante este proceso es necesario que los consultores mantengan una comunicación abierta con el equipo de la empresa que lleva a cabo la revisión del informe. Los consultores deben estar disponibles y dispuestos a contestar cualquier pregunta, aclarar cualquier duda, y resolver cualquier problema que surja de la revisión del informe.

Al término de este proceso, la empresa (el equipo, los técnicos y la gerencia) debe haber:

- identificado cuáles son las medidas que considera viable para su planta;
- entendido integralmente las medidas viables y los requisitos de implementación de dichas medidas; y
- realizado una priorización de las medidas que consideran viables.

4ta. Etapa: Implementación y seguimiento

4.1 Obtención de fondos;
4.2 Preparar el plan de Producción Más Limpia;
4.3 Implantar las opciones de Producción Más Limpia;
4.4 Supervisar y evaluar el avance.

ima inversión que sin problemas puede ser asumida por la empresa. Sin embargo, puede requerirse de medidas que involucren un cambio de tecnología o cambios en el proceso con la respectiva inversión en materia prima, ensayos y optimización de los procesos, las cuales necesitarán de una mayor inversión. Para este tipo de proyectos, las empresas pueden acceder a fuentes de financiamiento a través de líneas de crédito ambiental.

En el Anexo J, se presentan las opciones disponibles en el Perú para acceder a líneas de crédito ambiental.

4.2 Preparar el plan de Producción Más Limpia

Para asegurar que la implementación de las medidas de Producción Más Limpia seleccionadas se lleven a cabo de forma lógica y programada, los consultores y la empresa deberán preparar un plan de acción detallado, el cual incluirá los siguientes elementos:

- Una lista detallada de todas las actividades que deberán desarrollarse durante el resto del proyecto demostrativo, desde el diseño detallado de las medidas seleccionadas hasta la medición y evaluación de los beneficios logrados por las medidas implementadas en la planta
- Fechas de inicio y termino para cada una de las actividades
- Nombre de las personas responsables para llevar a cabo cada una de las actividades.
- Nombre de la persona elegida por la empresa para supervisar todas las actividades que le han sido asignadas en el plan de acción. Esta persona deberá tener buenos conocimientos técnicos y suficiente autoridad dentro de la empresa para poder liderar esta tarea.

Se deberán también definir los mecanismos necesarios para monitorear el avance de las actividades planeadas, evaluar el cumplimiento del cronograma establecido, y, cuando sea necesario, modificar el plan de acción para tomar en cuenta retrasos, problemas y cambios en las actividades a desarrollar.

El plan de acción establecido deberá recibir la aprobación formal de todas las partes involucradas (por ejemplo: la empresa, el equipo de consultores y los especialistas externos).

4.3 Implantar las opciones de Producción Más Limpia

Los requisitos de implementación varían ampliamente según el tipo de opción. Para opciones técnicas complejas el trabajo de implementación consta de las siguientes etapas:

a) Preparación detallada:selección del equipo, diseño de las modificaciones a las instalaciones, planificación del presupuesto para las inversiones requeridas;

b) Planificación de la instalación: mano de obra, equipo de instalación, parada temporal de la linea de producción;
c) Instalación;
d) Capacitación de los operarios; y
e) Puesta en marcha.

4.4 Supervisar y evaluar el avance

Con la finalidad de generar un interés continuo en las empresas donde se implantó el programa de Producción más Limpia, así como de las empresas que estén interesadas en efectuar un programa similar, debe supervisarse continuamente los avances que presenten cada una de las opciones ya implantadas.

Las razones para dar seguimiento a la implementación de las recomendaciones en las empresas que ejecutaron el proyecto de Producción Más Limpia son:

- Obtener información sobre el impacto de la ejecución de las recomendaciones en el rendimiento de la empresa
- Compartir información con la industria, ONG's e instituciones gubernamentales sobre lo que puede alcanzarse mediante la Producción Más Limpia, a través de estudios de caso, seminarios, etc;
- Obtener la información necesaria para informar a la comunidad de donantes sobre la naturaleza e impacto de su programa; y
- Entender mejor las barreras e incentivos que generan las decisiones de las empresas para asumir o ignorar las recomendaciones, lo que permitirá afinar las estrategias futuras en los proyectos de Producción Más Limpia.

En esta evaluación deben de considerarse los siguientes factores:

- Cambios en las cantidades generadas de emisiones y residuos
- Cambios en el consumo de recursos (materias primas y energía)
- Cambios en la productividad

Al término de la evaluación, se deberá recopilar y archivar los datos a fin de realizar un informe final a la planta (Informe de Seguimiento), el cual estará destinado a proveer a la empresa de información relevante en materia de mejoras o desventajas acaecidas por la implantación del proyecto; de manera general la información que debe contener en el informe es la siguiente:

- Informe ejecutivo de Producción Más Limpia de la empresa
- Evaluación de la(s) causa(s) de emisiones, residuos e ineficiencia energética
- Lista de opciones de Producción Más Limpia, así como su factibilidad
- Plan de implantación
- Comparación de antes y después y evaluación de opciones
- Informe de evaluación
- Plan de acción a largo plazo de Producción Más Limpia

5ta. Etapa: Mantenimiento

5.1Mantener las actividades de Producción Más Limpia

5.1 Mantener las actividades de Producción Más Limpia

La filosofía de Producción Más Limpia, se considera como un programa de mejora continua, el cual tendrá por objetivo primordial reducir constantemente las emisiones, residuos, consumo de materias primas y energía de la empresa. Por ello es que durante las etapas anteriores del programa debe capacitarse a los miembros de la empresa con los conceptos de Producción Más Limpia, a fin que continúen en esta labor una vez que el proyecto finalice.

6. Producción Más Limpia y los sistemas de gestión ambiental

Un Sistema de Gestión Ambiental es la parte de la estrategia de negocios de una empresa que incluye los aspectos ambientales en las políticas y acciones de planeamiento, asignación de responsabilidades, implementación de prácticas y procesos, asignación de recursos, revisión y mantenimiento de la organización.

La norma ISO 14001, contiene los requisitos que una organización debe cumplir para poder declarar que su gestión ambiental se adecua a este modelo reconocido internacionalmente. La ventaja que presenta esta norma es que su implementación puede ser verificada a través de auditorias realizadas por una tercera parte, lo que permite la certificación del sistema, a través de empresas acreditadas para tal fin. Sin embargo cabe mencionar que si bien es la más usada e internacionalmente reconocida, existen otros sistemas de gestión ambiental como el EMAS de la Comunidad Europea

El principio sobre el cual se sustenta el sistema de gestión ambiental es la mejora continua sobre la base de la prevención de la contaminación, el cual es el mismo principio sobre el cual se desarrollan las estrategias de Producción Más Limpia.

Además los sistemas de gestión ambiental están basados en el modelo Planear-Hacer Verificar-Actuar sobre el cual también se desarrolla la metodología para la implementación de estrategias de producción mas limpia.

Es importante resaltar que existen otras similitudes entre ambas herramientas de gestión, las que se indican a continuación:

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL
Prevención de la contaminación	Prevención y control de la contaminación
Diagnóstico de oportunidades de Producción Más Limpia	Diagnóstico ambiental inicial
Operaciones y hábitos de operación	Gestión de los aspectos ambientales
Beneficios ambientales que pueden ser comprobados	Mejora del desempeño ambiental (potencial)
Beneficios económicos	Cultura organizacional
Implementación de medidas	Programa de gestión ambiental
Seguimiento de la implantación de medidas	Implantación del programa
-	Monitoreo de avances
Evaluación de resultados	Revisión por la dirección, mejora

	continua
-	Legislación ambiental
-	Enfoque sistemático
-	Documentación
-	Certificación

Referencias

- The Cleaner Production Knowledge Series. United Nations Environment Programme (UNEP), 1994. Government Strategies and Policies for Cleaner Production. UNEP Industry and Environment. Paris.
- United Nations Environment Programme (UNEP), 1995. Cleaner Production: A Training Resource Package. UNEP Industry and Environment, Paris.
- United Nations Environment Programme (UNEP), 1996A. Guidance Materials for the UNIDO/UNEP National Cleaner Production Centres. UNEP Industry and Environment. Paris.
- Cleaner Production Assessment in Dairy Processing. http://www.agrifood-forum.net/publications/guide/
- UNIDO Cleaner Production Toolkit. A comprehensive Train the trainer Toolkit in 10 volumes. Capítulo 9 Auditoría. United Nations Industrial Development Organization.
- Liste relevanter Dokumente bei der Umweltprüfung mit Arbeitssicherheit. SiraTec Unternehmensberatung GmbH. Sarre, 2002.
- Gute Betriebsprüfung. Pilotvorhaben zur Unterstützung umweltorientierter Unternehmensführung in Entwicklkungsländer (P3U). GTZ-P3U. 2003.
- Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles – CPTS. La Paz, 2003.
- Informe Completo de Casos Exitosos. PML/ficha de descripción de proyecto/caso exitoso. http://www.cet.org.pe. Lima, 2004.
- SER01-R16 Cuestionario Inicial Producción Más Limpia. CET-Perú. Lima, 2005.
- SER01-R17 Cuestionario Técnico de Producción Más Limpia. CET-Perú. Lima, 2005.
- Manual de Auditoria y Reducción de Emisiones y Residuos Industriales. Metodología DESIRE (DEmostration in Small Industries for Reducing WastEs). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Programa y Metodología de Diagnósticos de Producción Más Limpia. USAID/Energy Efficiency Project.
- La gestión por procesos: Su papel e importancia en la empresa. J. R. ZARATIEGUI. E.O.I. Economía Industrial N.° 330. Páginas 6 y 7. 1999.
- Producción Más Limpia Integrada a un Sistema de Gestión Ambiental– Excelencia Empresarial y Producción Más Limpia. CETPERÚ-PUCP. Lima, 2005.

ANEXO A

Cuestionario inicial de Producción Más Limpia

Datos Generales:

Empresa	:		
Rubro de Producción	:		
Gerente General	:		
Dirección	:	Ciudad	:
Teléfonos	:	Fax	:
Casilla	:	Correo Electrónico	:
Persona de Contacto	:	Cargo	:
Dirección	:	Ciudad	:
Teléfonos	:	Fax	:
Casilla	:	Correo Electrónico	:

1. Consumo de agua

Consumo de agua de la red : _____ m^3 / año

Consumo de agua de pozo : _____ m^3 / año

Consumo otras fuentes : _____ m^3 / año Especificar _____

Total: _____ **m^3 / año**

2. Consumo de energía

Eléctrica (red)

Número de Transformadores	_____	kW
Máx. Potencia demandada (total)	_____	kW
Transformador 1	_____	kW
Transformador 2	_____	kW
Otros	_____	kW
Energía Consumida (total)	_____	KWh/año

Autogeneración

Equipo			
Capacidad Instalada			kW
Generación			KWh/año
Rendimiento			KW/unidad
Combustible	R-500		gal/año
	Diesel		gal/año
	Gasolina		gal/año
	Otros		gal/año
Costo Total			**$US/año**

Combustibles

Combustible	R-500		gal/año
	Diesel		gal/año
	Gasolina		gal/año
	Otros		gal/año
	Especificar		

3. **Equipos que generen consumos altos de energía, agua, aire comprimido, energía hidráulica** (por ejemplo hornos, secadores, envasadoras, empacadoras)

NOMBRE DEL EQUIPO	CAPACIDAD

4. **Principales productos**

Producto	t/año (Aprox.)	Subproductos	t/año (aprox.)	Residuos	t/año (aprox.)

5. **Preguntas de interés, relacionadas con ecoeficiencia.**

PREGUNTAS	SI	NO
¿Tiene un plan de inversión de nuevas tecnologías previstas en el presente año?		
¿Está dispuesto a efectuar cambios de proceso en su empresa?		
¿Tiene un sistema de costeo operativo al día?		
¿Reviso sus procesos productivos en los últimos seis (6) meses?		
¿Tiene problemas de contaminación la empresa actualmente?		
¿Tiene quejas de vecinos?		
¿Ha recibido anteriormente o espera recibir inspecciones de instituciones del Estado?		
¿La empresa estaría en condiciones de invertir para mejorar sus problemas de generación de desperdicios y contaminación ambiental?		
¿La construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales está incluida dentro de los planes de la empresa?		
¿Su planta cuenta con el equipamiento adecuado para la seguridad de su personal?		
¿La empresa cuenta con un plan destinado al ahorro de energía?		
¿La empresa recibe asesoramiento en temas de eficiencia energética?		
¿El personal de la empresa ha recibido algún tipo de capacitación en general?		

Fuente: CET-Perú. Cuestionario inicial de Producción Más Limpia.

Anexo B

Cuestionario técnico

1. Lista de **productos y subproductos** de la empresa, indicando las cantidades producidas en los últimos 12 meses, así como sus precios de venta.

2. Indicar en una lista de productos y subproductos, el nivel de producción que se quisiera tener como **referencia para la elaboración del proyecto**; es decir, sus pronósticos para el futuro. Este dato es fundamental, porque los cálculos contemplados en las recomendaciones de Prevención de la Contaminación y de Eficiencia Energética deberán considerar los planes de crecimiento de la empresa.

3. Descripción de los procesos de producción, en el que se incluyan todos los procesos y/u operaciones relevantes en orden sucesivo, indicando el objetivo de cada uno(a), así como el flujo y cantidades de los principales insumos y productos. Por favor incluir un **Diagrama de bloques** de los procesos para cada línea de producción. Identificar los cuellos de botella.

4. Cada proceso y/u operación de la producción (incluidos en el proceso de bloques del punto 3), puede ser continuo, por lotes, o una combinación de ambos. En algunos casos, seguramente la información no se encuentra disponible, pero en todo caso, por favor **al menos haga estimaciones**. Al especificar cantidades, se debe entender que éstas deben referirse a unidades relativas (ej. kg/h, kg/lote, lotes/día, l/min, etc.). Es importante aclarar si la información es la especificada por el fabricante, si fue medida por los técnicos de planta o si se trata de una estimación.

   A continuación, le pedimos tenga a bien especificar **cada uno** de los procesos y/u operaciones mencionadas:

   4.1 **Descripción** del proceso, explicando objetivos, instrucciones al operador, y especificación de las variables de proceso (temperaturas, presiones, pH, etc).

   4.2 Describir las operaciones de Control de Calidad, así como el sistema de Control de Producción. Adjuntar como muestra una hoja de control de proceso (batch sheet).

   4.3 Cantidad de todos los **materiales que ingresan** al proceso, tales como materia prima e insumos, así como productos químicos y agua (no olvidar incluir enjuagues y lavados, y su periodicidad).

   4.4 Cantidad de **materiales que salen** del proceso (productos, subproductos y **pérdidas**, aguas servidas, residuos, etc.). Indicar si algún material se reutiliza (v.g. recirculación de agua de enfriamiento).

   4.5 Descripción de **maquinarias y equipos**, indicando datos relevantes (v.g. marca, fabricante y año de construcción, dimensiones, uso de vapor y/o agua, capacidad de producción (kg/hora), eficiencia, velocidades, potencia de los motores, presiones de trabajo, consumo de combustible, etc.).

5. Descripción de los servicios internos y externos que se usan en la planta (generación de vapor; recojo de basura; etc.; en lo posible cuantificada, por ejemplo, kg/h). Un **Diagrama de Aguas**, indicando su procedencia, tratamiento, si corresponde, y los distintos usos en la planta. Incluir la misma descripción de equipos mencionada en el punto 4.5 para compresoras de aire, equipo de refrigeración, equipo de tratamiento de aguas. En caso de usarse agua de pozo, indicar caudal promedio y la potencia de las bombas.

6. Lista de compras de **materia prima**, indicando precio-almacén así como cantidades para los últimos doce meses. En la misma tabla incluir el consumo de materia prima en la producción.

7. Composición química de su materia prima.

8. Lista de compras de **insumos y productos químicos**, indicando precio-almacén así como cantidades para los últimos doce meses. En la misma tabla incluir el consumo de dichos materiales en la producción. En el caso de insumos y productos químicos cuya composición química se desconozca por ser productos industriales, favor especificar el nombre comercial y el fabricante. Favor pedir al proveedor toda la información técnica posible.

9. Detalle de los servicios públicos utilizados durante los últimos doce meses, para **electricidad, autogeneración, agua, gas natural, diesel, gasolina, recojo de desechos sólidos**, etc. Este detalle deberá especificar la cantidad consumida así como el monto pagado. Fotocopias de las facturas serían muy útiles.

9.1 Principales cargas (energía eléctrica)

El siguiente listado es sólo un ejemplo; por favor enumerar los principales usos finales de la energía propios de su planta.

Uso	Descripción	Capacidad
1. Iluminación		
2. Motores		
3. Grúas		
4. Equipos de laboratorio		
5. Bombas		
6.		
7.		
8.		

9.2 Descargas sólidas

El siguiente cuadro es sólo un ejemplo. Por favor, adecuar el cuadro a la situación de su empresa, especificando cantidades generadas por año y el costo asociado al o a los servicios de recojo de basura y/o el costo de deshacerse de los desperdicios sólidos y/u otros; incluyendo los posibles ingresos por venta de desperdicios u otros similares.

Origen / Descripción	Cantidad (t/ año)	Servicio / Destino	Costo / Ingreso (U / año)
1. Molienda / materia calcárea		Empresa Aseo Urbano / Relleno Sanitario	Costo del servicio
2. Proceso 1 / sedimentos		Empresa Aseo Urbano / Relleno Sanitario	Costo del servicio
3. Proceso 2 / desperdicios		Empresa XYZ	Monto del ingreso por venta de los desperdicios
4. Hornos / cenizas		Deposición de partículas finas en área poblada	Costo limpieza del área; y/o demandas de vecinos
5. etc.			

10. Información referente a aguas residuales y material de desecho. Favor incluir en esta información las copias de los **análisis de laboratorio** más representativos. Si no tuviera alguno, es importante que lo consiga.

11. Una descripción del **tiempo de operaciones**, incluyendo una estimación del total de días trabajados en los 12 meses pasados, cantidad de turnos por día, días por semana y horas por día. Explicar el régimen de vacaciones y, si es el caso, cuánto tiempo para la planta a fin de año por las fiestas y/o por mantenimiento preventivo.

12. Incluir información sobre su personal: Cantidad de ingenieros, técnicos y obreros, así como otros datos pertinentes, trabajadores eventuales, capacitación, medidas de seguridad, etc.

Fuente: CET-Perú. Cuestionario Técnico de Producción Más Limpia.

Anexo C

Mapa de procesos

La aplicación de este modelo se puede resumir en los siguientes pasos:

1. La empresa acepta previamente una identificación genérica de los procesos en tres categorías: estratégicos, operativos y de apoyo o soporte. Dentro de cada una de estas categorías, la importancia de los procesos para la marcha de la empresa los clasifica en principales y secundarios.

2. La empresa analiza el núcleo de sus actividades, identifica sus procesos y los coloca en cada uno de esos tres grupos. Una vez repartidos los procesos en los tres grupos, la atención de la empresa se centrará en el grupo de los procesos operativos.

3. La empresa relaciona sus procesos en secuencias ordenadas, agrupadas alrededor de los procesos principales. Estos procesos principales requerirán la ejecución simultánea de procesos secundarios realizados de forma eficiente para desarrollarse con un alto nivel de rendimiento.

4. Para poder gestionar los procesos, la empresa ha de realizar un despliegue detallado de los mismos. Este despliegue puede comprender por ejemplo:

    - El desarrollo de subprocesos, con las relaciones entre los mismos.
    - La ficha de cada proceso y subproceso, con su objetivo, entradas y salidas, responsable, indicadores, etc.
    - El desarrollo de procedimientos o instrucciones.

Para ilustrar el modo de desarrollar el Mapa de Procesos, se presenta el siguiente ejemplo para una empresa manufacturera. Las figuras siguientes incluyen el esquema general de procesos, el despliegue de un proceso prioritario y la ficha de otro proceso.

Este método de visualizar las actividades de la empresa, a todos los niveles, mediante los procesos ordenados por sus jerarquías y relaciones, junto con el despliegue sistemático de objetivos, responsabilidades, características, relaciones, etc. de cada proceso, proporciona a la dirección de la empresa, sobre todo:

- Una visión integrada de las actividades que la empresa necesita para cumplir sus obligaciones ante el mercado.
- Una ayuda imprescindible para planificar nuevas estrategias o el despliegue de nuevas políticas. Este aspecto se hace relevante cuando la innovación (tecnológica o de reingeniería) tiene un papel destacado en esas nuevas políticas.

El Mapa de Procesos impulsa a la organización a poseer una visión más allá de sus límites geográficos y funcionales, mostrando cómo sus actividades están relacionadas con los clientes externos, proveedores y grupos de interés.

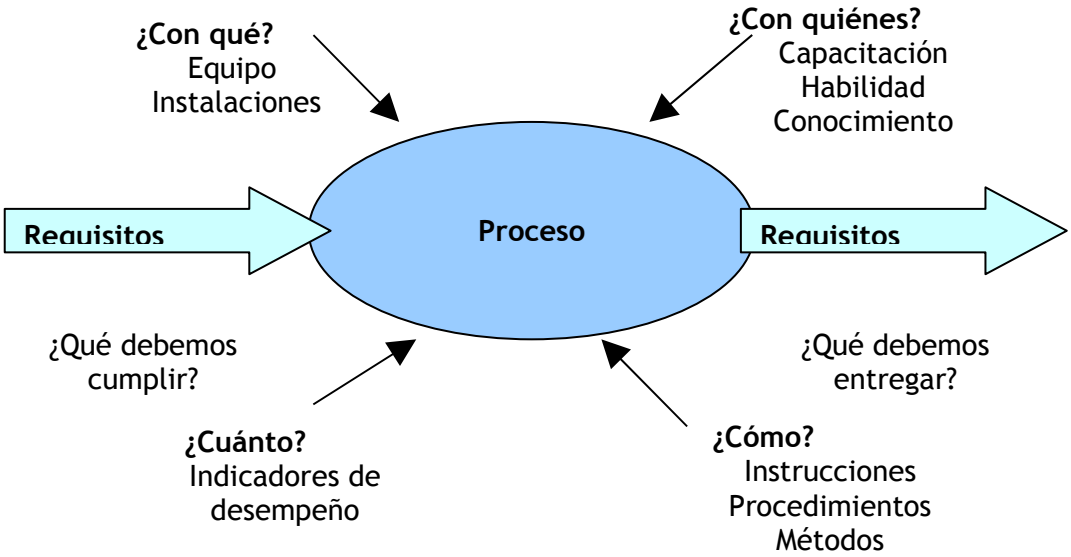
Proceso

- Es el conjunto de pasos que se realizan de forma secuencial para conseguir elaborar productos o servicios (outputs) a partir de determinados inputs.

- Un proceso es un ámbito de actuación que define un curso de acción compuesto por una serie de etapas, las cuales añaden valor a las entradas con el fin de producir unas salidas que satisfagan las necesidades del cliente del proceso.

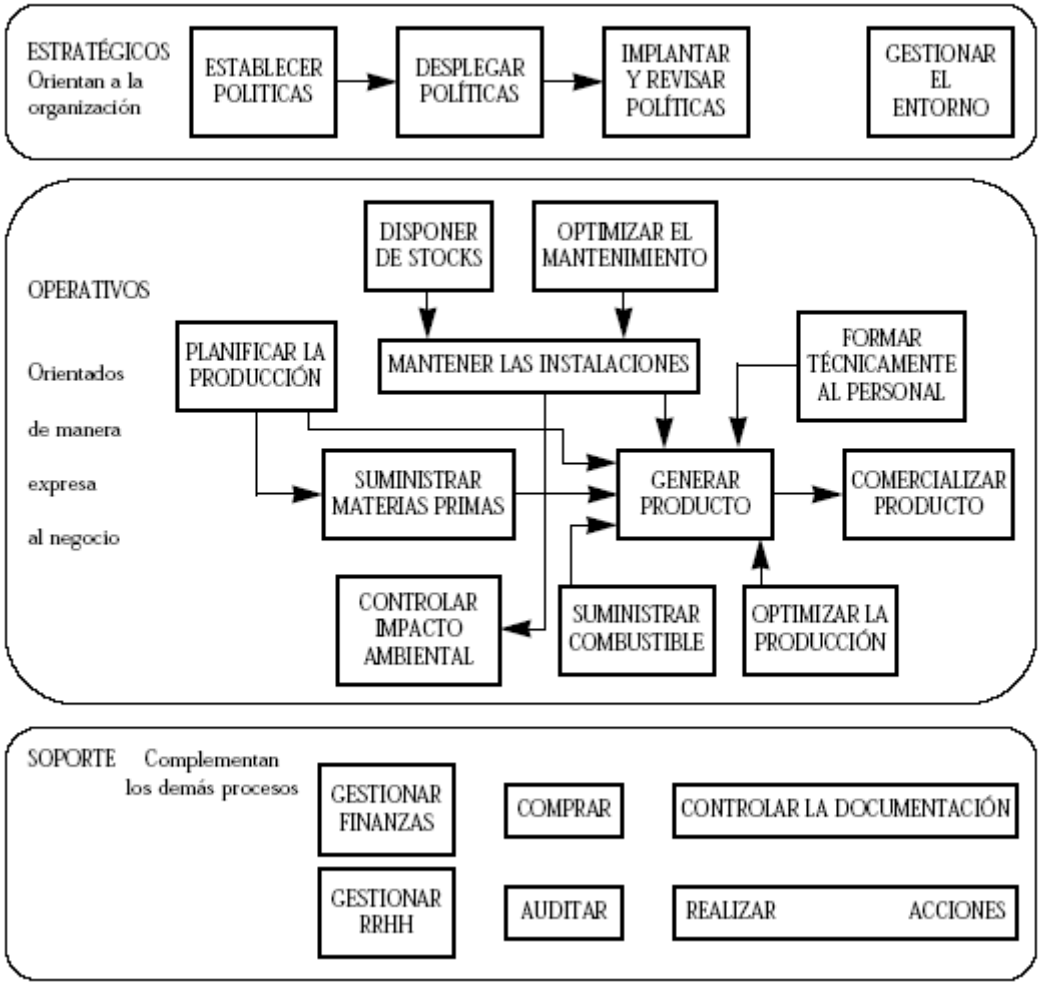
Un proceso se define cuando se tiene claro los siguientes conceptos:

- ¿Quién inicia el proceso?
- ¿Quién es el cliente?
- ¿Qué actividades se requieren?
- ¿Quién es responsable?
- ¿Cómo y dónde se va a documentar?
- ¿Cómo será su medición?

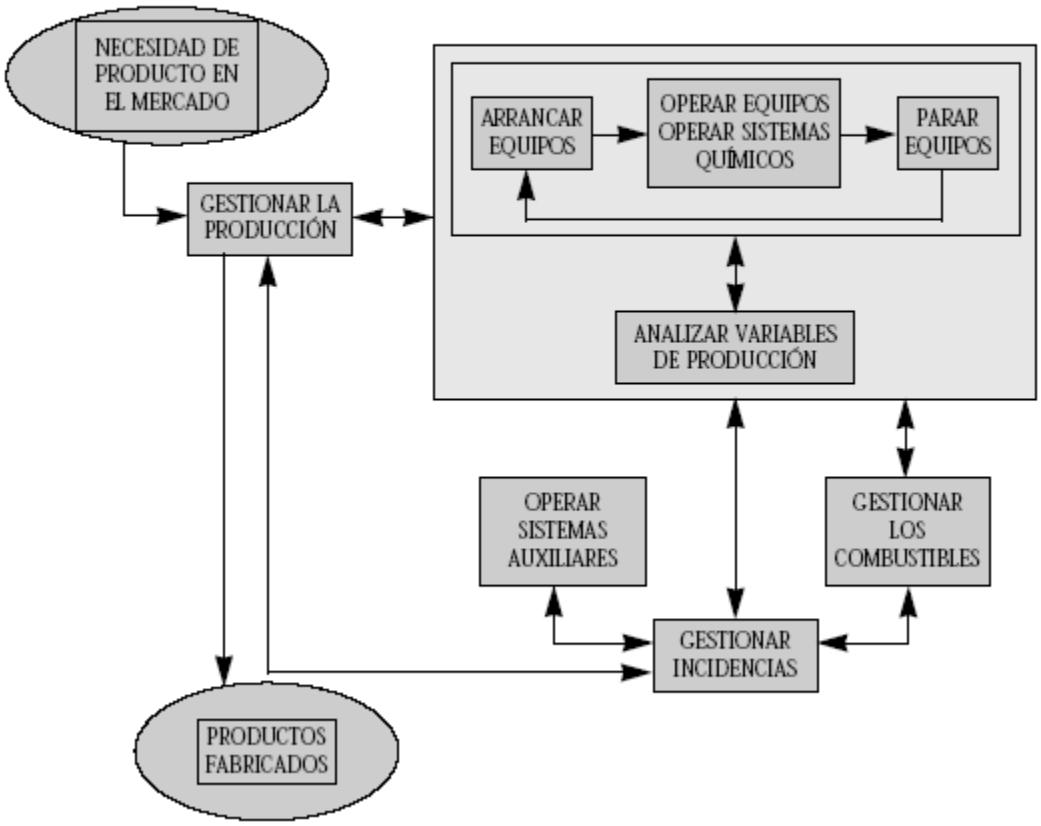


Clasificación de los Procesos
Estratégicos: Procesos destinados a definir y controlar las metas de la empresa, sus políticas y estrategias. Estos procesos son gestionados directamente por la Alta Dirección en conjunto. **Operativos:** Procesos destinados a llevar a cabo las acciones que permiten desarrollar las políticas y estrategias definidas para la empresa para dar servicio a los clientes. De estos procesos se encargan los directores funcionales, que deben contar con la cooperación de los otros directores y de sus equipos humanos. **De apoyo o soporte:** Procesos no directamente ligados a las acciones de desarrollo de políticas, pero cuyo rendimiento influye directamente en el nivel de los procesos operativos.

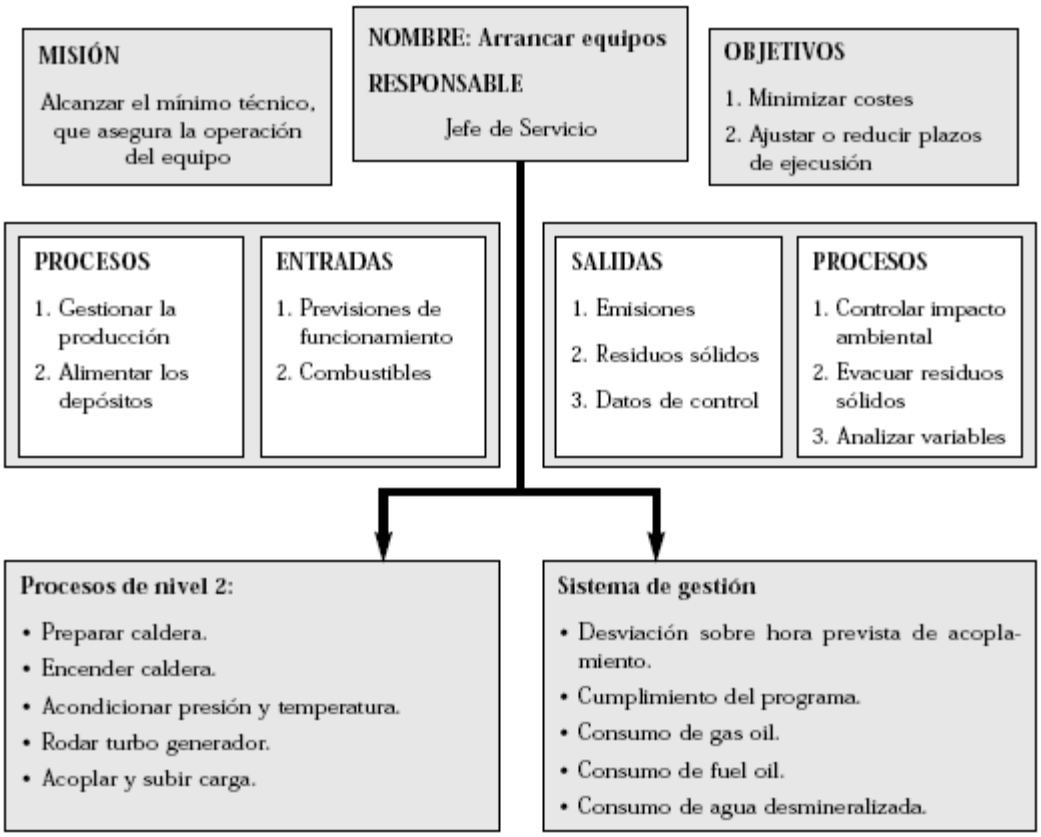
Mapa de Procesos: Esquema General



Desglose del Proceso: "Generar Producto"



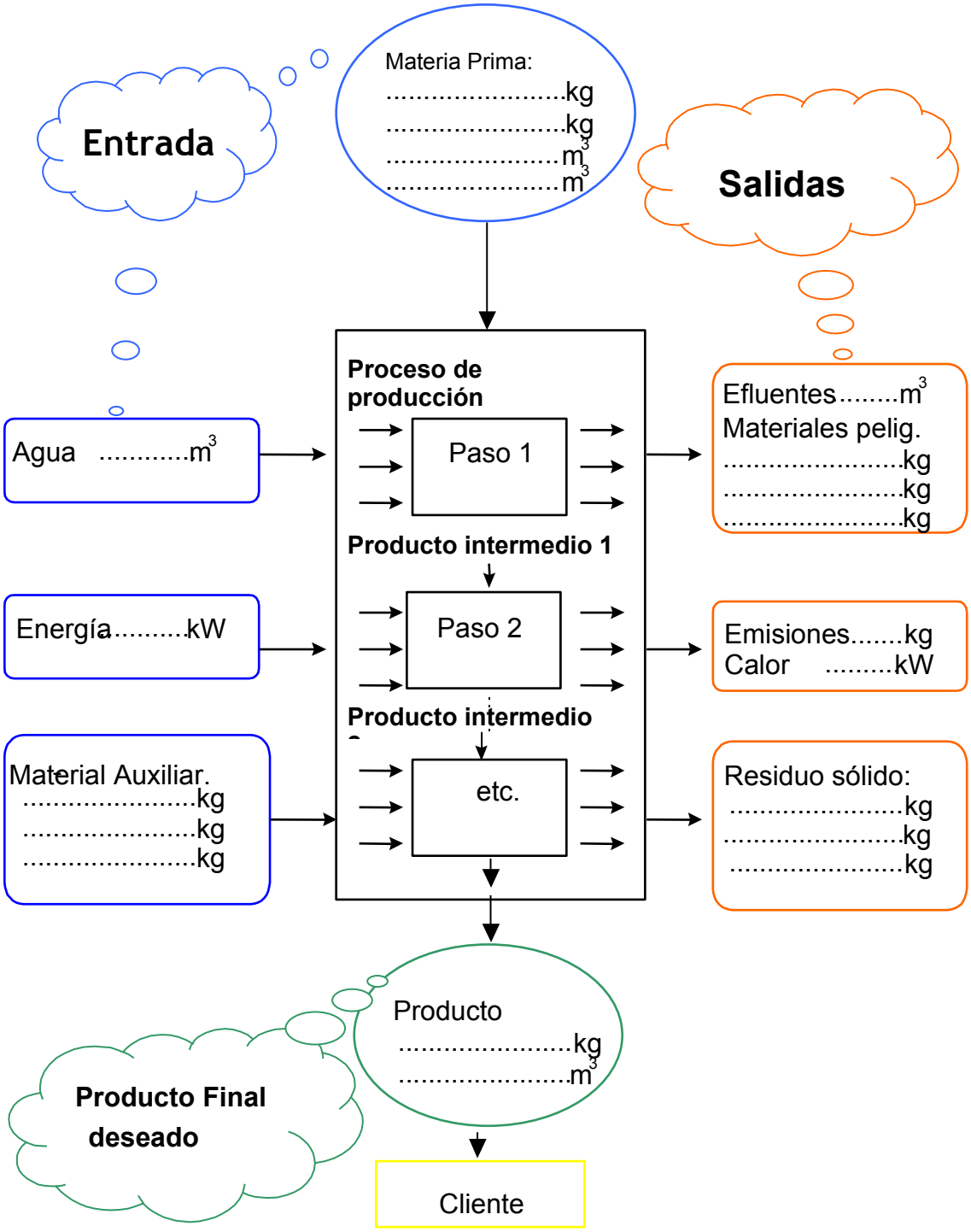
Ficha del proceso: "Arrancar equipos"



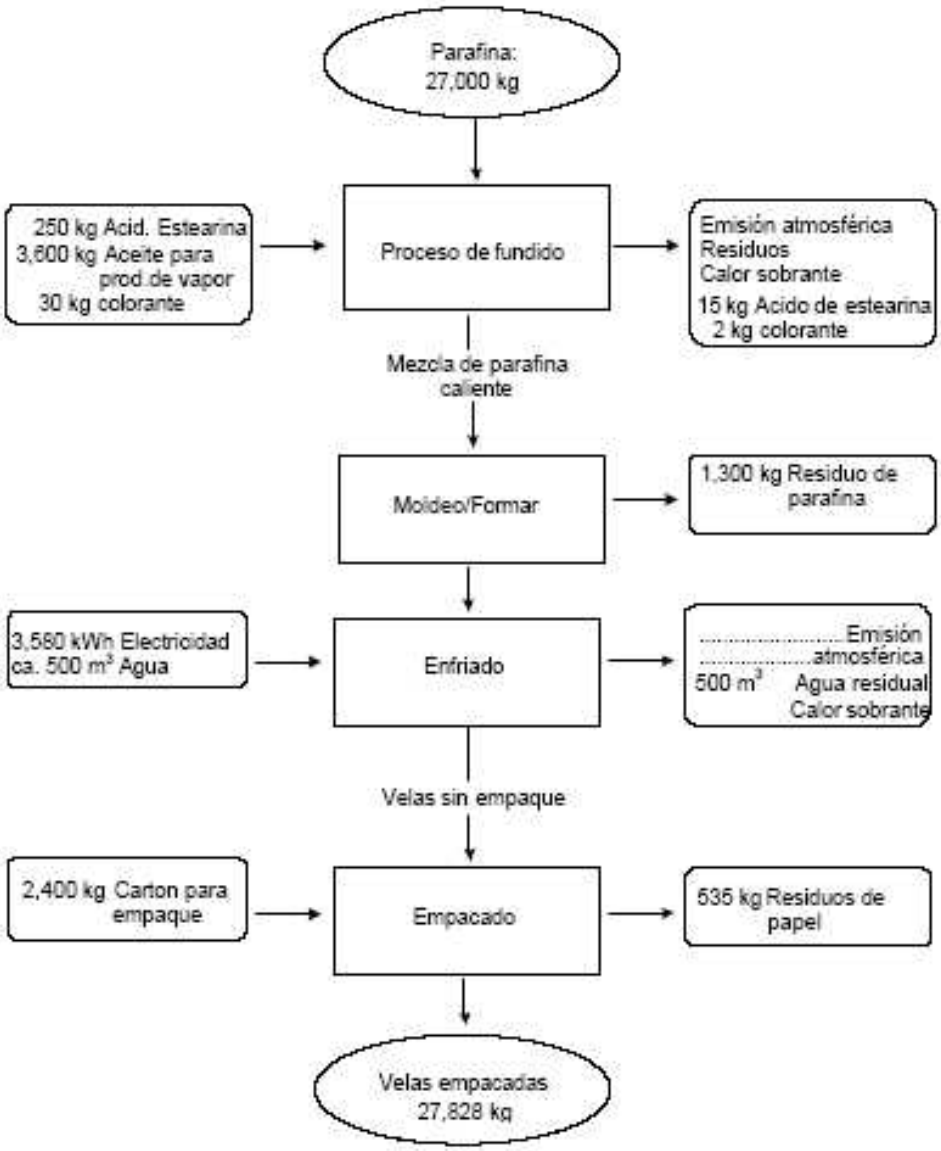
Fuente: "La gestión por procesos: Su papel e importancia en la empresa". J. R. ZARATIEGUI. E.O.I. Economía Industrial N.° 330. Páginas 6 y 7. 1999.

Anexo D

Modelo de Diagrama de Flujo



Ejemplo de un simple diagrama de flujo de la producción de velas



Nota: Todos los datos se refieren a la producción de un año

Fuente: GTZ-P3U. Buenas Prácticas de Gestión.

Anexo E

Operaciones unitarias y procesos unitarios

Operaciones unitarias

Son de naturaleza física donde no ocurren reacciones químicas. Estas operaciones unitarias son comunes a todas las industrias de proceso.

Las operaciones unitarias estudian principalmente la transferencia y los cambios de energía, transferencias y cambios de materiales que se llevan a cabo por medios físicos, pero también por medios fisicoquímicos.

Ejemplo:

Operación unitaria	Aplicación
Evaporación	Obtención de la sal.
Cristalización	Se refiere a la extracción de un soluto, tal como la sal, de una solución por medio de la precipitación de dicho soluto. Cristales de azúcar.
Secado	Secado de la madera, secado de materiales de proceso, secado de frutas, secado de granos.
Destilación	Separación de los componentes de una mezcla líquida por medio de una ebullición basada en las diferentes presiones de vapor. Generación de vapor de amoniaco a partir de la solución H_2O – NH_3. Para purificar o separar o separar alcohol en la industria de las bebidas. Separación de hidrocarburos en la industria del petróleo.
Absorción	En este proceso se separa un componente gaseoso de una corriente de gases por tratamiento con un líquido. Absorción de amoniaco por agua. Absorción del oxigeno del aire en los procesos de fermentación o en una planta de tratamiento de aguas servidas. Absorción de hidrogeno gaseoso en un proceso de hidrogenación líquida de aceites. Deshumidificación del aire(disminuir la humedad).
Lixiviación líquido-sólido	Consiste en el tratamiento de un sólido finamente molido con un líquido que disuelve y extrae un soluto contenido en el sólido.
Disolución	
Transporte de fluidos	Traslado de fluidos a través de tuberías
Proceso de separación mecánico-físico (Filtración, sedimentación, separación centrífuga, reducción de tamaño	Filtración de agua (Purificación del agua por filtración). Sedimentación en la minería. Café molido.

mecánico)	

Procesos Unitarios
Procedimientos de fabricación en los cuales se producen reacciones químicas. En los procesos unitarios los balances de materia se usan para determinar las composiciones y los pesos de las corrientes o para determinar el grado de conversión alcanzado en una reacción.

Ejemplo:

Proceso unitario	Aplicación
Combustión	Horno para ladrillos
Fermentación	Obtención del vino
Saponificación	Obtención de jabones y detergentes

Anexo F
Método para realizar balance de masa, balance de energía y cálculo de consumos y descargas específicas

El presente anexo está organizado de la siguiente manera:

1 Introducción
2 Elaboración de un diagrama de flujo
3 Balance de masa – Bases para identificar y cuantificar entradas y salidas
4 Balance de masa – Cuantificación de las entradas
    4.1 Cuantificación de la entrada de insumos
    4.2 Registro del consumo de agua
5 Balance de masa – Cuantificación de las salidas
    5.1 Cuantificación de productos y residuos
    5.2 Cuantificación de aguas residuales
    5.3 Cuantificación de emisiones atmosféricas
    5.4 Cuantificación de residuos sólidos o semisólidos
6 Elaboración de un balance de masa
7 Balance de energía
    7.1 Energía térmica
    7.2 Energía eléctrica
8 Cálculo de consumos y descargas específicos

1 Introducción

Todo proceso industrial está caracterizado por el uso de insumos (materias primas, agua, energía, etc.) que, sometidos a una transformación, dan lugar a productos, subproductos y residuos. En el contexto de esta guía, se considera "desecho" a cualquier descarga que no es un producto, subproducto o residuo; este último se considera un insumo de menor valor, que puede ser reciclado o recuperado para darle un uso cualquiera. Los desechos pueden estar en forma de sólidos, lodos, líquidos o gases.

Para prevenir o reducir la generación de desechos, se debe examinar cada operación en el contexto global del proceso, a fin de identificar su origen y cantidad, los problemas operativos inherentes y las posibles soluciones y mejoras. El enfoque del examen de cada operación puede orientarse a:

- uso no eficiente o pérdidas de insumos y energía;
- residuos que pueden ser utilizados;
- residuos que ocasionan problemas de procesamiento;
- residuos considerados peligrosos o contaminantes;
- residuos para los cuales los costos de disposición final son elevados.

El análisis de las operaciones requiere de un balance de masa, que se obtiene después de observar, medir, registrar datos y realizar el análisis de muestras de residuos en forma metódica y exhaustiva.

2 Elaboración de un diagrama de flujo

El proceso productivo está constituido por una o varias operaciones unitarias. Una operación unitaria puede realizarse en varias etapas. Se debe identificar todas las operaciones unitarias y sus interrelaciones, a fin de dibujar un diagrama de flujo que refleje fielmente lo que ocurre en el proceso.

Para sistemas de producción complejos, donde existan varios procesos independientes, se puede preparar un diagrama de flujo general, mostrando todos los procesos, cada uno representado por un bloque y, en hojas separadas, preparar diagramas de flujo para cada proceso individual, indicando en detalle sus operaciones unitarias. Si éstas fuesen complejas, se puede, a su vez, preparar diagramas de flujo, por separado, con el detalle que sea requerido.

El diagrama de flujo debe además incluir operaciones complementarias o de soporte, tales como limpieza, almacenamiento, preparación de tanques y otras (si es necesario, éstas pueden presentarse por separado).

3 Balance de masa – Bases para identificar y cuantificar entradas y salidas

Todos los insumos que entran a un proceso u operación, salen como productos y como residuos. En este sentido, un balance de masa se define como la verificación de la igualdad cuantitativa de masas que debe existir entre los insumos de entrada y los productos y residuos de salida. El balance de masa es aplicable tanto a un proceso como a cada una de las operaciones unitarias. A menudo no es posible identificar todas las salidas, por lo que se incluye una diferencia de masas "no identificada".

Por lo tanto, en un balance de masa, la suma de todas las masas que entran en un proceso u operación, debe ser igual a la suma de todas las masas que salen de dicho proceso u operación (es decir, la suma de masas de los productos, residuos y de todos los materiales de salida no identificados).[1]

Si: $M_E = M_{i1} + M_{i2} + \ldots + M_{in}$

$M_S = M_P + M_R + M_N$

Balance de Masa: $M_E = M_S$

Donde:	M = Masa	i1 = Insumo 1	R = Residuo
	E = Entrada	i2 = Insumo 2	P = Producto
	S = Salida	in = Insumo n	N = No identificado

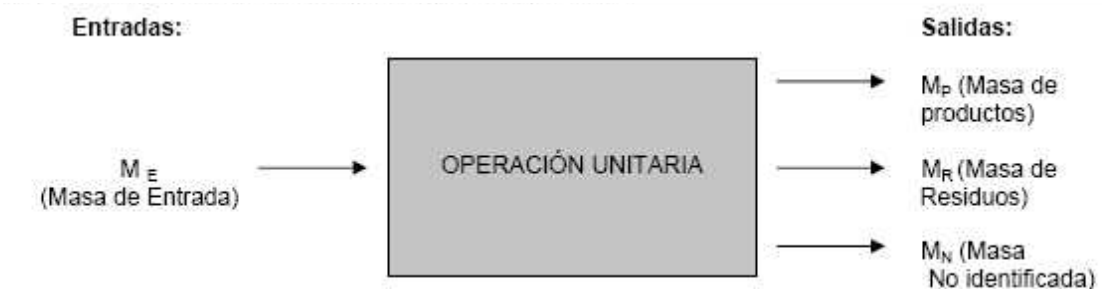
Los materiales de salida no identificados, generalmente se atribuyen a pérdidas de insumos y productos por derrames, fugas y otras causas similares, cuyo origen no pudo ser detectado y, por ende, sus masas no pudieron ser cuantificadas.

Si bien el balance de masa incluye agua, a menudo es conveniente realizar un balance sólo para agua, a fin de mostrar detalles que normalmente no se incluyen en un balance global. El balance de energía normalmente no se incluye en el balance de masa, y se lo realiza por separado.

Para hacer el balance de masa, se requiere de toda la información asociada al manejo de los datos de entradas y salidas, incluyendo parámetros de operación, así como de información existente a nivel de la administración.

[1] Si bien se puede asumir que la pérdida de masa está dada por la diferencia de masas entre las entradas y las salidas, en algunos sistemas productivos es necesario tomar en cuenta la masa que pudiera quedar residente en la operación, a fin de estimar correctamente la cantidad de la pérdida de masa no identificada. Es decir:

Entradas + Masa residente inicial = Salidas + Masa residente final + Pérdidas no identificadas



Principio de entradas y salidas de una operación unitaria

4 Balance de masa – Cuantificación de las entradas

4.1 Cuantificación de la entrada de insumos

Los insumos de entrada a un proceso u operación unitaria pueden incluir, además de materias primas, materiales reciclados, productos químicos, agua, aire y otros posibles insumos, los cuales deben ser cuantificados.

Para evaluar el consumo de insumos (principalmente de materias primas), debe examinarse los registros (inventarios) de adquisiciones y compras. Un registro de almacén es muy útil, allí se registran las compras de material y sus usos

La determinación cuantitativa de las entradas netas de insumos al proceso u operación unitaria, requiere del control de las pérdidas previas en almacenamiento y por transferencia y manipuleo (incluye pérdidas por evaporación, fugas, goteos de tanques, etc.), y puede tener como base un registro global de compras de insumos y pérdidas, y que pueden ser cuantificados, por ejemplo, en un registro como el que se ilustra a continuación:

Cantidad de insumos de entrada por un período de tiempo determinado (hora, día, semana)

Operación unitaria	Materia prima 1 (Kg ó t/periodo)	Materia prima 2 (Kg ó t/periodo)	---	Material reciclado (Kg ó t/periodo)	Agua (m^3/periodo)	Energía eléctrica (KWh/periodo)	Combustibles (m^3 de gas ó litros de diesel etc. /periodo)
Op. Unitaria 1							
Op. Unitaria 2							
Pérdidas en almacén y otras no identificadas							
Total:							

Una vez que se tenga un control de las entradas netas de insumos al proceso y a cada operación unitaria, se debe determinar el consumo específico de cada insumo; es decir, la cantidad de insumo utilizado por unidad producida o por unidad de alguna materia prima utilizada como referencia. Es importante que se utilice una misma unidad de referencia para todos los insumos. Si no se dispone de información precisa sobre los consumos específicos, se debe adoptar medidas para poder determinarlas. Las mediciones deben hacerse durante un intervalo de tiempo apropiado, para que las cifras

sean confiables y puedan extrapolarse en el tiempo, esto con el fin de computar valores mensuales o anuales.

En varias operaciones unitarias, el agua constituye tanto materia prima como un medio de enfriamiento, lavado de gases, lavado en general, enjuagues de producto, limpieza a vapor y otros. Los consumos específicos de todos estos usos deben también cuantificarse como parte de las entradas. Algunas operaciones unitarias pueden reciclar residuos provenientes de las mismas u otras operaciones unitarias.

Los consumos específicos de estos residuos reciclados también deben computarse como parte de las entradas. Respecto al consumo de energía, éste amerita un balance de energía específico para todo el proceso y para cada operación unitaria.

Los datos sobre consumos específicos de entrada deben mostrarse en el diagrama de flujo del proceso y de cada operación unitaria, a partir de datos registrados en forma tabular.

4.2 Registro del consumo de agua

El agua es un insumo que se usa como materia prima y como un medio para diversos tipos de uso. El uso general del agua (lavado, enjuague, limpieza y otros), normalmente representa una buena oportunidad para optimizar y reducir su consumo específico, frecuentemente mediante prácticas y medidas sencillas que, en la mayoría de los casos, conllevan ahorros económicos significativos.

El consumo de agua, sea ésta de red, pozo u otro origen, debe ser registrado mediante medidores. Los medidores son definitivamente una buena inversión, ya que permiten el control del consumo de agua y, de esta manera, facilitan la identificación de soluciones que conduzcan a la reducción de su consumo específico. El registro puede ser el siguiente:

Registro del consumo de agua por medidor

Fecha	Nº Medidor	Consumo desde la última factura	Observaciones	Responsable
1 enero				
2 enero				
Mes: Enero			Producción mensual:	

Cuando no se cuenta con medidores de agua, la elaboración del balance de masa exige idear algún método para estimar tanto su consumo global en el proceso como su consumo específico en cada operación unitaria. Dicho método puede basarse en la evaluación o en un estimado de las cantidades de agua suministrada por las fuentes de suministro en uso, aprovechando algunas de sus características, como por ejemplo:

- la forma y capacidad del tanque de almacenamiento y con qué frecuencia se llena y vacía el mismo, utilizando marcas para medir los cambios de nivel del agua;
- la forma de transporte del agua (bombeo, manual, gravedad), el caudal y el tiempo de suministro por operación y por día; el caudal puede determinarse como un promedio de varias medidas realizadas con un balde de volumen conocido y un cronómetro;
- superficie para colectar agua de lluvia y nivel pluvial por año.

Para cada operación unitaria, se debe considerar los usos del agua, y el volumen y la frecuencia de cada uso. Para obtener esta información, se debe realizar un monitoreo, especialmente en aquellas operaciones intermitentes, tales como limpieza con vapor y lavados en general.

En la práctica, se puede hacer determinaciones del caudal a través de mediciones del tiempo que toma llenar un balde de, por ejemplo, 10 litros. Después se observa la duración del uso, incluyendo la intermitencia de dicho uso cuando corresponda, a fin de estimar el consumo. Para esto, se puede utilizar el siguiente registro:

Medición del caudal y consumo de agua en cada proceso u operación unitaria

Proceso u operación unitaria	Tiempo de llenado del balde (T) [min, s]	Volumen del balde (V) [litros]	Caudal (C) =V/T [litros por minuto]	Duración del uso por día o por lote de producción (D) [minutos]	Consumo total por día o por lote = C x D [litros]	Observaciones
Operación Unitaria 1						
Manguera 1						
Reservorio1						
Maquinaria 1						
…						
Total Op. U 1						
Operación Unitaria 2						
..						

En base a esta información, se debe preparar un resumen del consumo de agua en cada operación unitaria, por día o por año, y desglosado por tipo de uso. Esta información puede registrarse en un registro similar al siguiente:

Resumen del consumo de agua en cada operación unitaria, desglosado por tipo de uso

Operación unitaria (OU)	Insumo usado en el proceso u operación [m^3/día] o [m^3/año]	Limpieza [m^3/día] o [m^3/año]	Vapor [m^3/día] o [m^3/año]	Uso doméstico (baños etc.) [m^3/día] o [m^3/año]	Otros [m^3/día] o [m^3/año]	Consumo total por operación o por sección de la planta [m^3]
OU 1						
OU 2						
..						
Total						

5 Balance de masa – Cuantificación de las salidas

5.1 Cuantificación de productos y residuos

La cuantificación de masas correspondiente a todas las salidas del proceso y de cada una de las operaciones unitarias, requieren del registro detallado de las cantidades del producto principal, los subproductos, los residuos reutilizables o reciclables, las aguas residuales, los efluentes gaseosos y los desechos sólidos que necesitan ser almacenados

y/o enviados fuera del local para su disposición final. La cuantificación de la cantidad del producto principal es un factor clave en la eficiencia del proceso o de la operación unitaria. Se debe cuantificar, para cada operación unitaria, los productos intermedios que, en la operación actual, constituyen salidas y, en la operación unitaria siguiente, constituyen entradas.
Todos los datos mencionados, tanto para el proceso como para sus operaciones unitarias, deben ser registrados en un protocolo similar al propuesto en el siguiente cuadro.

Salidas de las operaciones unitarias

Operación Unitaria (OU)	Producto [cantidad]	Subproducto [cantidad]	Residuos a reciclaje interno [cantidad]	Residuos Almacenados [cantidades]	Residuos fuera de planta [cantidad]	Aguas residuales [cantidad]	Efluentes Gaseosos [cantidad]	Total OU
OU1								
OU2								
..								
Total del proceso								

* Las cantidades se pueden expresar en kg o toneladas por año o por unidad de producto.

5.2 Cuantificación de aguas residuales

Los materiales contenidos en las aguas residuales representan, directa o indirectamente, una pérdida de insumos y, además, implican un costo de tratamiento. Los flujos de cada operación unitaria, así como los flujos del proceso global, requieren ser cuantificados, muestreados y analizados.

A continuación, se presentan sugerencias sobre cómo efectuar un estudio de salidas de aguas residuales:

- Identificar los puntos de descarga de efluentes; es decir, identificar por dónde el agua residual abandona la planta;
- Identificar dónde confluyen los flujos de las diversas operaciones unitarias o áreas de proceso, incluyendo el punto donde se inicia y termina el flujo global. Esta acción permite esquematizar por completo la red de drenaje de la planta.
- Conociendo el sistema de drenaje, se puede diseñar un programa apropiado de muestreo y medición de flujos para monitorear tanto las aguas residuales de cada operación unitaria como la composición del flujo global de la planta.
- Ejecutar un programa de monitoreo exhaustivo, tomando muestras sobre un amplio rango de condiciones de operación, tales como producción al máximo, arranque, cierre, lavado, etc. En el caso de sistemas combinados de drenaje de aguas de lluvia y de desecho, efectuar las mediciones de flujos y toma de muestras antes de la mezcla con aguas de lluvia.
- Medir el caudal de los flujos intermitentes o pequeños de aguas residuales. Para ello, puede emplearse un cronómetro y una cubeta o balde, que permita recolectar la integridad del flujo en un tiempo determinado. Los caudales grandes ó continuos pueden evaluarse empleando técnicas tales como la de la placa de orificios o la del vertedero rectangular.

Las aguas residuales deben ser analizadas para determinar la concentración de materia en suspensión y disuelta. Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Incluir en el análisis parámetros tales como pH, DQO, DBO5, sólidos suspendidos (SS), aceites y grasas.
- Especificar otros parámetros químicos a analizar, dependiendo de las entradas de insumos. Por ejemplo, para empresas que trabajan con metales pesados, éstos son parámetros importantes. Para cada proceso, solamente se necesita medir o estimar los parámetros más relevantes. En el caso de curtiembres: los parámetros son sulfuro, Sólidos Suspendidos y DBO del pelambre, DQO, cromo del curtido, etc.
- Tomar muestras para análisis de laboratorio en recipientes limpios y secos. En el caso de flujos continuos, tomar muestras compuestas. Por ejemplo, para un proceso de 10 horas, tomar cada hora una muestra de 100 ml para obtener un litro de muestra compuesta. Para tanques por lotes y escurrimiento periódico, puede ser adecuada una sola muestra instantánea, pero del lote bien mezclado (para asegurar la calidad de los análisis, es preferible que personal de un laboratorio acreditado realice la toma de muestras).

Para optimizar el número de muestras y de análisis, se puede identificar las salidas importantes y relacionarlas con las características de la operación, así como con las propiedades, comportamiento y reacciones que sufren las masas de entrada. Por ejemplo, si el agua que ingresa es sólo para enfriamiento, sin que entre en contacto con materia soluble, es de esperar que el agua de salida sea la misma que la de entrada y, por tanto, no requiere en principio de análisis (o puede realizarse el análisis una sola vez a fin de verificar esta hipótesis). De manera similar, si un material entra en una operación, por ejemplo, en forma mecánica y sin transformaciones químicas, la cantidad de sólidos incorporada al agua residual puede estimarse por la diferencia entre el peso de entrada y salida del sólido, sin necesidad de realizar un análisis para determinar la cantidad de materia sólida, disuelta o no, que se ha incorporado al agua (sin embargo, es posible que, por hidratación del sólido, el peso de salida tenga que ser corregido por un factor de hidratación, que tendría que ser determinado).

Los resultados obtenidos (cantidad de aguas residuales y sus cargas contaminantes) pueden ser registrados de la siguiente manera:

Aguas residuales – Caudales y concentraciones para cada operación unitaria (OU)

Origen de las aguas residuales	Descarga [m^3/día] o [l/h]	Concentración parámetro 1 [mg/l]	Concentración parámetro 2 [mg/l]	Concentración parámetro 3 [mg/l]	Destino: Alcantarillado, reciclaje u otro
OU1					
OU2					
..					
Total					

Aguas residuales – Cantidades por unidad de producción para cada operación unitaria (OU)

Origen de las aguas residuales	Producción por unidad de tiempo [producción/h]	Cantidad parámetro 1 por unidad de producción [mg/ unidad de producción]	Cantidad parámetro 2 por unidad de producción [mg/ unidad de producción]	Cantidad parámetro 3 por unidad de producción [mg/ unidad de producción]	Destino: Alcantarillado, reciclaje u otro
OU1					
OU2					
..					
Total					

NOTA: Las unidades de la descarga específica son [mg/unidad producción], y se obtiene de las siguientes operaciones: (descarga (l/h) x concentración (mg/l))/ producción por tiempo (producción/h) = cantidad del elemento descargado / unidad de producción.

5.3 Cuantificación de emisiones gaseosas

Para elaborar un balance de masa lo más exacto posible, se requiere cuantificar los efluentes gaseosos asociados al proceso o a cada operación unitaria.

Los efluentes gaseosos no siempre son obvios y pueden ser difíciles de medir. Cuando no es posible cuantificarlos, se puede recurrir a estimados hechos en base a consideraciones estequiométricas o de otra índole. Se puede calcular la cantidad de gases producida a partir de la cantidad de insumos usados y de acuerdo a las reacciones químicas involucradas. Por ejemplo, en la combustión del carbón, éste se transforma en dióxido de carbono, generando calor, según la siguiente reacción estequiométrica:

$$C + O_2 \rightarrow CO_2 + \text{calor}$$

Sin embargo, el contenido de carbono (C) en un combustible depende de su naturaleza y, en consecuencia, la cantidad del dióxido de carbono (CO_2) varía en función a dicho contenido.

En el caso de solventes orgánicos volátiles, se puede asumir, según sea el caso, que una parte o el total del solvente se transforma en gas (es decir, se volatiliza). Por ejemplo, 1 kilogramo de solvente usado para limpieza, genera a la salida de la operación prácticamente un 1 kilogramo de solvente en forma de gas.

Se debe registrar los datos de emisiones gaseosas, indicando qué datos son estimados y cuáles son el resultado de mediciones cuantitativas. Para el caso en el que se requiera determinar la concentración de los componentes de las emisiones gaseosas, se sugiere recurrir a laboratorios especializados, a fin de que éstos sean los que realicen los muestreos y las correspondientes mediciones.

5.4 Cuantificación de residuos sólidos o semisólidos

Muchos procesos producen residuos que no pueden ser tratados en la planta, por lo que necesitan transportarse fuera de la planta para su tratamiento y/o disposición final. Los residuos pueden ser sólidos o semisólidos (lodos). Pueden ser peligrosos o no-peligrosos. El transporte y tratamiento de estos residuos fuera de las plantas, son frecuentemente costosos. Por lo tanto, la minimización de residuos significará ahorros económicos.

Para el registro corriente de disposición de residuos sólidos, se puede aplicar el siguiente formato:

Registro de datos para residuos sólidos

Fecha	Cantidad [en barriles, m^3 o toneladas]	Tipo u origen del residuo	Destino	Observaciones	Responsable
1 de enero	14 m^3	virutas	relleno		
2 de enero					
..					
Mes: Enero			Producción de este mes:		

El control puede facilitarse midiendo el volumen y peso de la basura recolectada en barriles, durante un día o semana normal de trabajo. Al final, se debe llenar un registro como el siguiente:

Resumen de la generación de residuos de diferentes operaciones y su disposición

Origen	Descripción	Cantidad [t/año; m^3/año o t/producto]	Servicio / Destino	Costos / Ingresos [US$/año o US$/producto]
Operación 1	Sal, sólido		Relleno sanitario	
Operación 2	lodo			
..				
Sección almacenes	pérdidas			
…				
Total				

6. Elaboración de un balance de masa

De acuerdo al tamaño de la planta, se puede elaborar un balance de masa para cada operación unitaria o puede ser suficiente un solo balance para todo el proceso. Para el efecto, se debe contar con información elaborada para cada operación unitaria y para el proceso global. Entonces, se decide si deben incluirse todas las entradas y salidas en el balance de masa, y/o si se hacen balances específicos por separado.

Para fines de seguimiento y evaluación de la planta, se debe estandarizar las unidades de medición (litros, kilogramos o toneladas); la unidad de tiempo (por hora, día, mes o año); y la referencia para calcular los consumos específicos (por unidad de producción o por unidad de materia prima). Asimismo, se debe usar valores medidos en unidades estándar con referencia al o los diagramas de flujo. Con la información obtenida para las entradas y salidas de masa en cada operación unitaria, se puede estructurar el balance de masa de la siguiente manera:

Forma de presentar el balance de masa de cada operación unitaria

OPERACIÓN UNITARIA 1
Entradas [Cantidades en unidades estándar por unidad de tiempo o por unidad de producción] Materia Prima 1 Materia Prima 2 Materia Prima 3 Reuso/Reciclaje de Residuos Agua **Total**
Salidas [Cantidades en unidades estándar por unidad de tiempo o por unidad de producción] Productos Subproductos Pérdidas de materia prima medidas durante almacenamiento y manejo Residuos reusados/reciclados o transportados fuera de la planta para recuperación Aguas residuales Emisiones gaseosas Residuos líquidos peligrosos transportados fuera de la planta Residuos sólidos (o lodos) peligrosos transportados fuera de la planta Residuos líquidos no peligrosos transportados fuera de la planta Residuos sólidos (o lodos) no peligrosos transportados fuera de la planta **Total**
Diferencia de entradas y salidas = Masas no identificadas

El balance de masa se elabora normalmente usando unidades de peso, ya que la magnitud de los volúmenes cambia con la temperatura. Para convertir unidades de volumen a unidades de peso, es útil contar con una tabla de densidades, para líquidos y gases, en función de la temperatura. Una vez concluido el balance de masa global y/o de cada operación unitaria, vale la pena repetir el procedimiento con respecto a cada residuo de interés. Es también importante efectuar un balance de agua para todas las entradas y salidas de agua hacia y desde las operaciones unitarias, porque las diferencias entre las entradas y salidas, son un indicio importante de que ocurren pérdidas, tales como fugas e incluso goteras.

Los totales globales e individuales (por operaciones unitarias) deben ser revisados para detectar faltas de información o inexactitudes. La suma de las entradas debe ser igual a la suma de las salidas. Si se tiene una diferencia significativa de masa, se debe investigar con mayor profundidad cada operación. En el caso de que las salidas sean menores que las entradas, se debe buscar pérdidas potenciales o descargas de residuos (tales como evaporación). Las salidas podrían aparentar ser mayores que las entradas si se cometen errores grandes de medición o estimación o si se pasan por alto algunas entradas.

Un buen balance de masa no solo refleja la adecuada recolección de datos, sino que asegura entender el proceso y sus operaciones. En la práctica, rara vez ocurrirá que las entradas igualen a las salidas, por lo que se requiere criterio para determinar qué nivel de exactitud es aceptable.

7. Balance de energía

La energía representa un insumo importante en la industria en general y el gasto que representa puede influir, dependiendo del tipo de industria, de manera significativa en la estructura de costos de la empresa. Asimismo, existen interesantes oportunidades para ahorrar energía con beneficios económicos y ambientales.

Siguiendo el método que se explicó en detalle para obtener el balance de masa, se puede elaborar un balance de energía en cada operación unitaria o proceso donde interviene la energía, en una de sus dos formas; eléctrica o térmica.

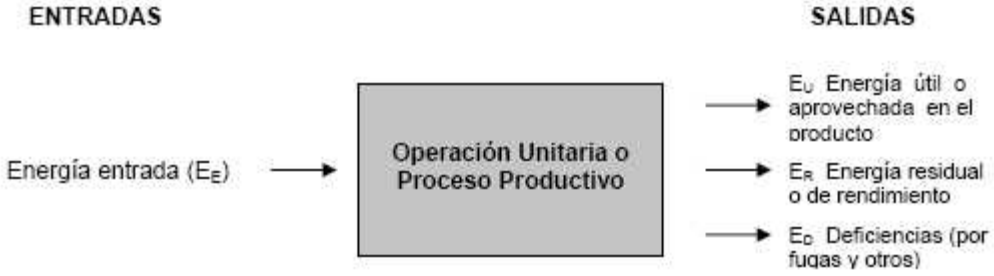
La energía térmica utilizada proviene del proceso de combustión de uno o más combustibles. Por lo general, se la utiliza para la producción de vapor, el cual es usado a través de intercambiadores de calor o de manera directa.

La energía eléctrica es utilizada, por lo general, en las diferentes operaciones unitarias, para impulsar motores eléctricos de los equipos y producir movimiento mecánico.

7.1 Energía térmica

A continuación se muestra un diagrama en el que se representan las entradas y salidas de energía que ocurren en un proceso o en una operación unitaria.

Entradas y salidas de energía en un proceso o en una operación unitaria



De manera general, el balance de la energía térmica puede ser expresado mediante las relaciones siguientes, donde EE y ES son las energías de entrada y de salida, respectivamente.

Relaciones asociadas al balance de energía térmica

Energía de entrada (E_E):	Energía de salida (E_S):	Balance de Energía:
E_E = Suma de todas las energías de entrada	$E_S = E_U + E_P$ $E_P = E_D + E_R$ $E_S = E_U + E_D + E_R$	$E_E = E_S$
Significado de los subíndices: E = Entrada o energía total suministrada; S = Salida; U = Energía útil o aprovechada en el Producto; P = Energía perdida o no aprovechada; D = Deficiencias o fugas; R = Residual o de rendimiento termodinámico		

Adicionalmente, se define la energía neta, ENeta, como la energía efectivamente disponible; es decir, la energía de entrada (EE) menos la energía residual de salida (ER), la cual se pierde como parte del rendimiento termodinámico de una máquina térmica (por ejemplo, la energía que se pierde con los gases residuales de combustión que salen por la chimenea de hornos y calderas, y que no está disponible por ser necesaria para que opere el tiraje normal de la chimenea; la energía residual no incluye la energía que se pierde por fugas u otras ineficiencias operativas, ni el exceso de energía que se pierde con dichos gases residuales, por ejemplo, por mala combustión):

ENeta = EE – ER

Reemplazando EE por ES (el balance de energía requiere que la energía total de entrada, EE, sea igual a la energía total de salida, ES), se tiene que:

ENeta = ES – ER

Reemplazando ES por EU + ED + ER , se tiene que:

Energía de entrada (EE): Energía de salida (ES): Balance de Energía:
EE = Suma de todas las energías ES = EU + EP EE = ES de entrada EP = ED + ER
ES = EU + ED + ER

Significado de los subíndices:
E = Entrada o energía total suministrada; S = Salida; U = Energía útil o aprovechada en el Producto;
P = Energía perdida o no aprovechada; D = Deficiencias o fugas; R = Residual o de rendimiento termodinámico

EU Energía útil o aprovechada en el producto
ER Energía residual o de rendimiento
ED Deficiencias (por fugas y otros)

ENeta = EU + ED
Por otra parte, el rendimiento termodinámico de una máquina, Rη, se define como la razón entre la energía neta (ENeta) y la energía total de entrada (EE):

Rη = ENeta / EE = (EE – ER) / EE = 1 – ER / EE

De acuerdo a esta ecuación, y considerando que termodinámicamente ER no puede ser cero, el rendimiento termodinámico de una máquina es siempre inferior a la unidad.

Otro concepto, distinto al del rendimiento termodinámico, es la eficiencia térmica de un proceso o de una operación unitaria, Eξ, la cual se define como la razón entre la energía útil (EU) y la energía neta o disponible (ENeta):

Eξ = EU / ENeta = EU / (EU + ED)

La eficiencia térmica puede en principio ser igual a la unidad, si se logra eliminar las pérdidas de energía por deficiencias operativas (ED).

Finalmente, el rendimiento energético total (RT) se define como el producto del rendimiento termodinámico de la máquina (Rη) y la eficiencia térmica del proceso o de la operación unitaria (Eξ):

RT = Rη x Eξ = (ENeta / EE) x (EU / ENeta) = EU / EE

Del resultado de la ecuación anterior, se deduce que el rendimiento energético total (RT) es la razón entre la energía útil (EU) y la energía de entrada (EE).

7.1.1 Cuantificación de la energía térmica de entrada

Para cuantificar la energía térmica de entrada, se debe primero registrar el consumo específico (es decir, la cantidad de energía por unidad de producción) o, en su defecto, la cantidad de todos los combustibles utilizados en el proceso o en la operación unitaria. A continuación, se ilustra un protocolo que puede ser utilizado para el registro de datos.

Registro de datos de las entradas de energía por unidad de producción (UP)

Operación Unitaria	Combustible 1 [m^3 ó mpc, kg ó t / UP]	Combustible 2 [m^3 ó mpc, kg ó t / UP]	Combustible 3 [m^3 ó mpc, kg ó t / UP]
Operación unitaria 1			
Operación unitaria 2			
Pérdidas en almacén no identificadas			
Total			
Equivalente energético (kcal, MJ o Btu)			

Adicionalmente, para la determinación cuantitativa de las entradas de combustibles al proceso, se puede tener como base un registro global de compras de combustibles, tomando en cuenta las pérdidas en almacenamiento, especialmente por evaporación y/o fugas en las tuberías.

Una vez determinadas las entradas netas de combustibles al proceso u operación unitaria, se debe convertir la cantidad total de combustible (kg, L, m3, mpc) en su equivalente energético (kcal, MJ o Btu). Para ello es necesario conocer el poder calorífico del combustible empleado.

En la práctica, el cómputo de EE puede realizarse identificando sólo las operaciones donde se usa energía en cantidades significativas (generalmente en el calentamiento de agua, procesos de planchado y secado, etc.). Si no se dispone de información precisa sobre el consumo específico para las operaciones individuales, se debe aplicar algún método para determinar cantidades de consumo promedio de energía por lote de producción o por período de tiempo. Las mediciones deben hacerse durante un intervalo de tiempo apropiado, para que las cifras puedan extrapolarse en forma confiable a valores mensuales o anuales.

7.1.2 Cuantificación de la energía térmica de salida.

La cuantificación de la energía de salida (ES) es más compleja que la de entrada (EE). El cómputo de ES toma en cuenta, por una parte, la energía útil (EU) que corresponde estrictamente a la energía que consume el proceso u operación para transformar la materia prima en producto; y, por otra, las pérdidas de energía (EP) que corresponden al total de la energía no aprovechada. A su vez, esta última tiene dos componentes: el primero, corresponde a la energía que se pierde debido al rendimiento propio de la máquina (ER); y el segundo, a la energía que se pierde por radiación, transmisión y convección (ED), atribuible a fugas de materia conteniendo energía, deficiencias en el aislamiento, mala combustión, etc.

Para el cómputo de ES en una operación unitaria o proceso, normalmente se requiere efectuar mediciones experimentales. Por ejemplo, para calcular ES en el caso del calentamiento de agua con vapor, se debe medir el volumen y la temperatura del agua iniciales y finales, así como la cantidad de vapor utilizado en la operación. En otros casos, como en secadoras, planchadoras, etc., se puede utilizar datos nominales del equipo correspondiente, como el rendimiento y consumo nominal de energía del equipo. Todos los datos deben ser registrados en un registro como el siguiente:

Registro de las energías de salida por unidad de producción (UP)*

Operación Unitaria	Energía útil (EU) [cantidad / UP]	Energía residual (ER) [cantidad / UP]	Pérdidas de energía por deficiencias (ED) [cantidad / UP]
Operación unitaria 1			
Operación unitaria 2			
Total			

(*) Las cantidades también se pueden expresar en kcal por mes ó kcal por año.

En algunas situaciones, resulta complicado estimar las pérdidas por deficiencias (ED). En estos casos, se suele computar ED por diferencia entre la energía total de entrada, EE, y la suma de las energías útil, EU, y la residual, ER (ver ecuación de ES en la Figura D5, en la cual se ha sustituido ES por EE, y se ha despejado el término ED):

ED = EE – (EU + ER)

El riesgo de estimar las pérdidas de energía mediante este cálculo, es que cualquier valor de EU o de ER no computado correctamente, queda registrado, por defecto o por exceso, como parte del valor de ED. Por ejemplo, un error que puede cometerse fácilmente al medir la energía residual de una caldera (ER), es el incluir en este término la energía en exceso que se pierde con los gases que salen por la chimenea, debido al uso innecesario de un exceso de combustible, o a una mala transferencia de calor por falta de limpieza y mantenimiento del intercambiador de calor.

7.1.3 Procedimientos para realizar el balance de energía térmica

A continuación, detallamos procedimientos para efectuar balances de energía en algunas de estas operaciones unitarias más importantes.

Operación unitaria: Calentamiento de agua

El procedimiento experimental de tres pasos que sigue, permite cuantificar las energías de entrada y de salida que ocurren durante la operación de calentamiento de agua fría, contenida en un depósito, mediante el uso de vapor vivo.

1. Determinar el caudal de suministro de vapor (QS) que ingresa a la operación unitaria de calentamiento de agua, de la siguiente manera: en un recipiente abierto (que puede ser un tacho de plástico de 100 L), depositar un volumen medido de agua Vo (en L). A continuación, mediante una manguera conectada a la toma de suministro de vapor, y luego de haber dejado que éste se descargue al aire libre por unos 20 a 30 segundos, es introducido directamente en el seno del agua contenida en el recipiente. El vapor que se condensa incrementa el volumen del agua desde su volumen inicial Vo hasta un volumen final Vf, que se alcanza después de un tiempo final tf, medido desde el tiempo inicial to= 0, el cual corresponde al instante en el que se introdujo el vapor en el seno del agua. Asimismo, debe registrarse la temperatura final del agua (Tf).

Con estos datos, y conociendo la densidad del agua (DH2O) a la temperatura final Tf, el caudal de suministro de vapor (QS) se calcula mediante la siguiente ecuación (se debe utilizar las unidades adecuadas para expresar el caudal en kg de vapor por hora):(b)
QS = (Vf - Vo) x DH2O / tf [kg vapor / h]

2. Medir la temperatura del vapor, Tv (ºC) a la salida de la toma de suministro de vapor ubicada cerca del depósito de agua fría a ser calentada. A esta temperatura del vapor le corresponde una presión P (en kg/cm2) y una entalpía del vapor Hv (en kcal/kg). El valor de este último puede obtenerse de tablas de vapor saturado.(c)

3. Medir y registrar los siguientes parámetros durante el calentamiento del agua contenida en el depósito de agua fría:
V
oD [L] = Volumen inicial del agua (litros) contenida en el depósito de agua fría
ToD [ºC] = Temperatura inicial del agua en el depósito de agua fría
TfD [ºC] = Temperatura final del agua contenida en el depósito
tCD [h] = Tiempo (horas) de calentamiento del agua para llegar a la temperatura final deseada (TDf)

Durante todo el tiempo del calentamiento, es necesario asegurar que el caudal QS se mantenga constante e igual en magnitud a la del caudal QS determinado en el paso 1.

Energía de entrada (EE): Con el dato del tiempo total de calentamiento, tCD (ver paso 3) y bajo las condiciones señaladas para controlar el caudal del vapor QS durante el calentamiento, la masa total de vapor (mv), utilizada para calentar el agua del depósito de agua fría, se calcula mediante la siguiente ecuación:
b Para convertir unidades de volumen en unidades de masa, se utiliza la densidad del agua que, para propósitos prácticos, puede tomarse el valor de 1 kg/L.
c Las entalpías pueden obtenerse de la "Tabla de propiedades de vapor de agua saturado y recalentado"

mv [kg vapor] = QS [kg vapor / h] x tC [h]

A partir de mv, y de H (ver paso 2), la energía de entrada (EE) se calcula mediante la siguiente ecuación:
EE [kcal] = mv [kg] x Hv [kcal / kg]

Energía de salida (ES): Para cuantificar la energía de salida (ES = EU + ED + ER) se debe considerar que, en la operación de calentamiento, la energía de entrada no incluye la energía residual de la caldera (ER), ya que el vapor se obtiene de una toma de suministro de vapor. Por lo tanto, ER no interviene en el balance de energía, y la ecuación de ES queda reducida a:
ES = EU + ED

Es decir, la energía de salida es la suma de la energía útil (Eu) y la energía perdida (EP), siendo esta última igual solamente a la pérdida de energía por deficiencias (ED).

a) Cálculo de la energía útil (EU). Calcular primero la masa inicial de agua fría, moD [kg], a partir de su volumen inicial medido en el depósito de agua fría (VoD; paso 3), mediante la siguiente ecuación:

moD [kg] = VoD [L] x DH2O [kg/L]

Para todo propósito práctico, se puede asumir que la densidad del agua (DH2O) es de 1 kg/L.

Luego, mediante la siguiente ecuación, calcular la energía útil (Eu) a partir de moD, ToD, TfD (ver paso 3) y del calor específico del agua a presión constante (Cp), cuyo valor, para todo propósito práctico, se asumirá igual a 1 kcal/(kg x ºC): (d)
Eu [kcal] = moD [kg] x Cp [kcal/(kg x ºC)] x (TfD - ToD) [ºC]

b) Cálculo de la pérdida de energía por deficiencias (ED). Esta energía no es fácil de cuantificar en forma directa, por lo que, para todo propósito práctico, se sugiere su cálculo simplemente por diferencia como parte del balance de energía. Es decir (ver ecuación de ES en el subtítulo Energía de salida):

ES = EU + ED

Sustituyendo ES por EE (requisito del balance de energía), y despejando ED, finalmente se obtiene que:

ED = EE – EU

Energía de entrada (EE): Primero se calcula el consumo específico medido de vapor (CEMv), a partir de la masa de vapor (mv) utilizada por el planchador o secador y de la masa de cuero procesada (mc):
CEMv [kg vapor / t cuero] = mv [kg vapor] / mc [t cuero]
La energía de entrada (EE) se calcula en términos específicos por tonelada de piel, a partir del valor calculado de CEMv y de la entalpía del vapor (Hv) correspondiente a su temperatura de ingreso (Tv), mediante la siguiente ecuación:

EE [kcal / t cuero] = CEMv [kg vapor / t cuero] x Hv [kcal / kg vapor]

Energía de salida (ES):

La energía de salida ES está dada por la siguiente expresión:
ES = EU + ER + ED
El consumo específico nominal de vapor (CENv), especificado en los equipos por los fabricantes, es igual a la suma de la energía útil (EU) y de la energía residual o de rendimiento termodinámico (ER) del planchador o del secador. Es decir:
EU + ER = CENv [kg vapor / t cuero] x Hv [kcal / kg vapor]

Por lo tanto, la energía de salida será igual a:
ES = CENv [kg vapor / t cuero] x Hv [kcal / kg vapor] + ED

Para calcular las pérdidas de energía por deficiencias (ED), despejamos este término de la ecuación anterior, reemplazando además ES por EE (de acuerdo con el balance de energía):

ED = EE – CENv [kg vapor / t cuero] x Hv [kcal / kg vapor]
Reemplazando EE por su ecuación (ver energía de entrada), se tiene finalmente que:

ED = (CEMv [kg vapor / t cuero] – CENv [kg vapor / t cuero]) x Hv [kcal / kg vapor]

Esta ecuación permite calcular las pérdidas de energía por deficiencias (ED), en base al valor medido del consumo específico de vapor (CEMv) con relación al valor nominal de dicho consumo (CENv). Este valor nominal, además de incorporar las pérdidas de energía asociadas al rendimiento termodinámico de la máquina, es posible que incluya pérdidas por deficiencias que pudieron tener los propios fabricantes al establecer dicho valor nominal (CENv) para asignarlo a la máquina.

7.2 Energía Eléctrica

Para hacer un uso óptimo de la energía eléctrica, es necesario que la empresa tenga control sobre el consumo de esta energía, tanto en el proceso global de producción, como en las operaciones donde el consumo es significativo.

Sin embargo, efectuar un balance energético del consumo de electricidad en términos absolutos, resulta complicado. La forma adecuada de controlar el consumo de energía es a partir de un balance de energía en términos de consumos específicos; es decir, en términos de las cantidades de energía eléctrica que se consumen (kWh) por unidad de producto elaborado (kg, t). El consumo específico puede ser medido de manera global, calculando la razón entre el consumo total de energía y la producción total, o puede efectuarse de manera específica para cada una de las operaciones que se desarrollan en la planta.

Para controlar el consumo de energía, es necesario contar con información, tanto de la producción como del consumo de energía eléctrica. El registro de la información puede ser diario, semanal o mensual, dependiendo del tipo de industria, de la exactitud de la información que se requiera y/o de las exigencias de control que se imponga la industria.

Para obtener información sobre el consumo de energía eléctrica, las empresas deberán instalar, además del medidor principal, medidores en las operaciones con mayores consumos de energía o que tengan consumos permanentes, como es el caso de las bombas de agua. Por su parte, la empresa deberá llevar un control de los volúmenes de producción total y de los volúmenes de insumos y productos intermedios tratados en cada una de las operaciones, registrándolos con la misma frecuencia con la que se registra el consumo de energía eléctrica.

Los consumos menores de la planta, tales como iluminación, administración, cocina, etc., pueden ser calculados por diferencia respecto a la lectura del medidor principal de la empresa de servicios de energía eléctrica que registra el consumo total.

8. Cálculo de consumos y descargas específicos

Un beneficio adicional que se obtiene a partir de los registros que resultan tanto del balance de masa como del balance de energía, es disponer de una base de datos para calcular consumos y descargas específicos, los cuales pueden utilizarse como indicadores para evaluar el rendimiento operativo y el desempeño ambiental de la empresa.

Un consumo específico expresa la cantidad de materia o de energía consumida por unidad de insumo utilizado o de producto manufacturado. Para todo insumo de entrada al proceso u operación, se puede calcular su respectivo consumo específico.
Una descarga específica expresa la cantidad de residuos generados, ya sea por unidad de insumo utilizado o de producto manufacturado. Para cada residuo (sea éste tratado como desecho o no), se puede calcular su respectivo valor de descarga especifica.

El hecho de tener información sobre el consumo de insumos (materia prima, agua, energía y otros) y su respectivo análisis, permite a la administración o gerencia general de la empresa:

- Planificar los niveles de producción en los cuales el consumo específico es menor, de acuerdo a la capacidad instalada y la demanda de sus productos.
- Fijar metas de consumo de insumos de manera global y por proceso. Esto permite un control, bastante preciso, de los niveles de consumo y del rendimiento de la planta en cada una de sus secciones.
- Asignar los costos por consumo de insumo, a cada una de las operaciones que intervienen en el proceso productivo.
- Efectuar una correcta gestión de los recursos, superando oportunamente los problemas que pueda enfrentar en la planta.

Fuente: Adaptado de Guía Técnica de Producción Más Limpia para Curtiembres. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles – CPTS. ANEXO D.

Anexo G

Evaluación de opciones - Método de la suma ponderada

El método de la suma ponderada es un método cuantitativo para clasificar y priorizar las opciones de prevención de la contaminación que afectan el manejo de residuos en una instalación en particular. Este método comprende tres pasos:

1. Los criterios importantes se identifican en términos de las metas y limitaciones del programa y las metas y limitaciones corporativas generales.

   Algunos ejemplos de estos criterios son:

   - Reducción de la cantidad de residuos,
   - Reducción del peligro de los residuos (por ejemplo: toxicidad, inflamabilidad, reactividad);
   - Reducción de los costos de tratamiento / disposición de residuos;
   - Reducción de la responsabilidad y costos de seguros;
   - Uso exitoso anterior en la industria;
   - No es perjudicial para la calidad del producto;
   - Bajos costos de capital;
   - Bajos costos de operación y mantenimiento;
   - Corto período de implementación con interrupción mínima de las operaciones de la planta.

   Ponderación de una escala de 0 (mínima importancia) a 10 (máxima importancia) para cada criterio. Por ejemplo, si la reducción en los costos de tratamiento y disposición de residuos es muy importante, mientras que el uso exitoso anterior dentro de la empresa es de menor importancia, la reducción de los costos de desperdicio tendrá un peso de 10 y el uso anterior dentro de la empresa puede tener un peso de 1 ó 2. Los criterios que no son importantes tienen un peso de 0 y no son considerados.

2. Luego cada opción es evaluada, según cada criterio. Nuevamente se aplica una escala de 0 (bajo) a 10 (alto).

3. Finalmente, el puntaje de cada opción para cada criterio se multiplica por el peso de cada criterio. El puntaje total de la opción es la suma de los productos del puntaje por el peso de cada criterio.

4. Las opciones con los mejores puntajes se seleccionan para aplicarles un análisis de factibilidad técnica y económica.

Ejemplo de cálculo empleando el método de la suma ponderada.

La empresa ABC ha determinado que la reducción de sus costos de tratamiento de residuos es el criterio más importante de sus posibles alternativas, a esta reducción de costos se le asigna el factor de ponderación 10.

Otro criterio importante es la reducción del peligro de la seguridad al que se le asigna un valor 8; a la reducción de la responsabilidad civil se le asigna un valor 7; a la facilidad de la implementación se le asigna 5. A las diferentes opciones X, Y, y Z se les asigna factores de efectividad. Por ejemplo, como se espera que la opción X reduzca los residuos en casi 80 por ciento, se le da un valor 8. Se le da un valor 6 para la reducción de los riesgos de la seguridad, 4 para la reducción de la responsabilidad civil, y 2 para la facilidad de implementación. El cuadro a continuación muestra cómo las opciones llegan a un valor total, estimándose factores de efectividad para las opciones Y y Z.

		Criterios de cada opción		
Criterios de clasificación	**Peso**	**X**	**Y**	**Z**
Reducción de los costos de tratamiento	10	8	6	3
Reducción de los riesgos de seguridad	8	6	3	8
Reducción de la responsabilidad	7	4	4	5
Facilidad de implementación	5	2	2	8
Suma de los valores		166	122	169

A partir de esta evaluación, ambas opciones Z y X serían seleccionadas por el personal en la empresa ABC para mayor evaluación dado que sus puntajes de 169 y 166 son los más altos, incluso hay poca diferencia entre ellos.

Fuente: Adaptado de apéndice E de Facility Pollution Prevention Guide U.S. Enviromental Protection Agency.

Anexo H
Metodología cualitativa para identificar aspectos ambientales significativos

Empresa ABC	HOJA DE TRABAJO DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS
FECHA DE PREPARACIÓN: 07/07/05	HOJA Nº: 1de 1
ÁREA/PROCESO: Superintendencia de Producción	JEFE DEL PROCESO ANALIZADO: Ing. XYZ
OPERACIÓN UNITARIA: Operación de la caldera	EQUIPO DE TRABAJO: Ing. X1, Ing. X2

N°	Aspecto	Frecuencia	Criterios de Significancia					¿Significativo?	Impacto
			Duración del Impacto	Magnitud del Impacto	Afectación legal	Costo de Remediación	Efectos en la imagen		
1	Derrames de combustible durante la recepción	E	B	B	M	B	B	NO	Contaminación del suelo y aguas subterráneas
2	Huaypes con petróleo	E	B	B	B	B	B	NO	Cargas en los rellenos sanitarios
3	Residuos de limpieza de filtro	E	B	B	B	B	B	NO	Cargas en los rellenos sanitarios
4	Agua de purga	E	M	M	M	A	B	Si	Contaminación del suelo y aguas subterráneas
5	Condensado del depósito de la caldera	E	B	B	B	B	B	NO	Contaminación del agua
6	Consumo de energía calorífica	C	M	B	B	B	B	NO	Consumo de recursos naturales
7	Residuos de papel	E	A	M	B	B	B	NO	Contaminación del suelo
8	Riesgo de explosión	A	B	A	A	A	A	Si	Contaminación del ambiente

Significancia: B= Baja M= Mediana A= Alta | Frecuencia: C= Continuo E= Episódico A= Accidental

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE:_____

Anexo I

Modelo de informe final de Producción Más Limpia

Empresa:
Fecha:

INDICE (Contenido básico)

Índice

1. Resumen Ejecutivo
2. Alcance de la auditoría de Producción Más Limpia
3. Inicio y duración de la auditoría de Producción Más Limpia
4. Línea de referencia
    - 4.1 Descripción de la empresa
    - 4.2 Energía eléctrica
    - 4.3 Agua potable
    - 4.4 Otros
    - 4.5 …
5. Recomendaciones de Producción Más Limpia
    - 5.1 Recomendaciones relativas al uso de energía eléctrica
    - 5.2 Recomendaciones relativas al uso de agua potable
    - 5.3 Otras recomendaciones
    - 5.4 …
6. Conclusiones
7. Indicadores de desempeño

ANEXOS

1. RESUMEN EJECUTIVO

2. ALCANCE DE LA AUDITORÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

El presente informe se refiere a los hallazgos y recomendaciones en los siguientes puntos:

- …
- …
- …

La auditoría se enfocó en las áreas de …….., con el consiguiente beneficio económico para la empresa.

3. INICIO Y PERIODO DE EJECUCIÓN DE LA AUDITORÍA

La auditoría tuvo una duración total de ….. semanas, distribuidas de la siguiente forma:

- Auditoría y elaboración de Informe preliminar: … semanas, del dd/mm/aa al dd/mm/aa.
- Elaboración del Informe Final: ….semanas, dd/mm/aa al dd/mm/aa.
- Revisión y corrección del Informe Final: …. semanas, dd/mm/aa al dd/mm/aa.

4. LÍNEA DE REFERENCIA (Se presentan los hallazgos)

4.1 Descripción de la empresa

Organización
Recursos humanos
Productos y servicios
Clientes
Ventas anuales
Horario de trabajo y empleados
Estudios y/o asesorías previas
Cualquier información relevante

4.2 Energía Eléctrica (Consumo y Costo)

Descripción de fuentes de consumo

4.3 Agua Potable (Consumo y Costo)

Descripción de fuentes de consumo

4.4 Otros

5. RECOMENDACIONES DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

5.1 Recomendaciones Relativas al uso de energía eléctrica

5.1.1 Recomendación 1
Situación general actual
Recomendaciones
Resultados esperados

Inversión y Periodo de Retorno

5.1.2 Recomendación 2
Situación general actual
Recomendaciones
Resultados esperados
Inversión y Periodo de Retorno

5.2 Otras recomendaciones

6. CONCLUSIONES

Para finalizar el presente informe, se concluye:

- ….
- ….
- ….

7. SEGUIMIENTO E INDICADORES DE DESEMPEÑO

Luego de la implantación de cada recomendación, se realizará una medición y se evaluará la mejora.

Para la realización del seguimiento, se tomarán en cuenta los siguientes indicadores de desempeño:

INDICADOR	FUENTE DE INFORMACIÓN	PROMEDIO MENSUAL PARA EL AÑO 2005
USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
	•	
USO DE AGUA POTABLE		
	•	
OTROS		
	•	

El seguimiento se realizará durante 1 día, luego de un año después de haberse implantado las mejoras sugeridas.

Fuente: CET-Perú.

Anexo J

Fuentes de Financiamiento

1. PROGRAMA DE GARANTÍA DEL USAID DCA
La Agencia para el Desarrollo Internacional del Gobierno de los Estados Unidos – USAID, aprobó una línea por US$2 millones a favor del Banco de Crédito, mediante la cual cubrirá hasta un 50% de la garantía comercial en proyectos calificados por el USAID.

Principales objetivos del Programa de Garantía:

- Promocionar las inversiones en tecnologías más limpias.
- Permite a la pequeña y mediana empresa que no cuenta con garantías suficientes, acceder a un financiamiento a mediano plazo.
- Lograr que las empresas sean más competitivas en el mercado local y exterior.

Características del Programa:

- Monto máximo por proyecto: US$400 mil o su equivalente en Nuevos Soles.
- Cobertura: 50%
- Plazo: hasta el 01/07/2007

La cobertura NO podrá ser utilizada para financiar la adquisición de:

- Bienes o servicios destinados a las fuerzas militares, policiales o similares.
- Equipos de supervivencia.
- Equipos o servicios relacionados con métodos de esterilización involuntaria, planificación familiar, abortos.
- Equipos para casinos, juegos de azar.
- Actividades que dañen o perjudiquen las zonas protegidas, parques nacionales, reservas.

¿Quiénes pueden acceder a este Programa?

- Empresas privadas peruanas del sector comercial, industrial y servicios.
- Empresas con un promedio anual de ventas entre US$50 mil y US$10 millones.
- Número de empleados entre 11 y 250 (en planilla).
- Empresas en funcionamiento. No se garantizarán proyectos de nuevas empresas.

Proyectos elegibles:

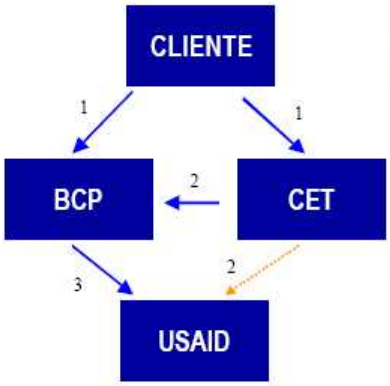
- Inversiones en tecnología moderna o servicios que impliquen un cambio de procesos importante, un incremento de la productividad, calidad, reducción de mermas. La maquinaria nueva deberá reemplazar a la antigua.
- Los ahorros de los procesos deben poder cuantificarse en energía, agua, materias primas.
- Los Proyectos deberán contar con la aprobación del Centro de Eficiencia Tecnológica, CET- Perú.

Costo de la cobertura:

- Comisión de utilización: 0.50% p.a. sobre el monto cubierto, pagadero semestralmente.
- Comisión de inicio: 0.50% flat.

Procedimiento:

1. El cliente presenta el proyecto al Banco de Crédito del Perú (BCP) y al CET-Perú.
2. El CET-Perú aprueba el proyecto e informa al BCP y al USAID.
3. El BCP desembolsa el financiamiento y registra la operación ante el USAID.



2. LÍNEA DE CRÉDITO AMBIENTAL

Objetivo:
Incrementar el atractivo de las inversiones en Producción más Limpia, ofreciendo una Línea de Crédito Ambiental que permita a la empresa acceder al financiamiento a mediano o largo plazo, cubriendo el 50% de la garantía comercial y premiando el resultado del proyecto hasta con el 40% del monto invertido.

Características de la Línea de Crédito Ambiental

- Monto inicial: US$5 millones.
- Vigencia: 10 años.
- Modalidad: garantía comercial por el 50% del valor del proyecto.
- Costo de la garantía: ninguno.
- La garantía es instrumentada mediante un Stand by Letter of Credit emitida por el Royal Bank of Canada Trust Co. Cayment Ltd., Grand Cayman.
- El Proyecto debe ser evaluado por el CET Perú (evaluación técnica)

Características del proyecto:

- El Proyecto deberá demostrar una reducción de los parámetros contaminantes que generan sus procesos y que la empresa mejorará sus niveles de eficiencia.
- Monto máximo financiado por proyecto: US$1 millón.
- El proyecto deberá incluir la adquisición de nuevas tecnologías.

Intermediarios financieros en Perú
Los intermediarios financieros establecen las condiciones del crédito, manejan los préstamos y transfieren los posibles reembolsos de la inversión al prestatario:

- BANCO DE CRÉDITO DEL PERÚ
- BANCO SUDAMERICANO
- INTERBANK

¿Quiénes pueden acceder a la Línea?
Empresas nacionales privadas con:

- Activos totales menores a US$5 millones
- Máximo 500 empleados

- No subsidiarias o sucursales de empresas extranjeras
- Todos los sectores industriales
- Empresas existentes, no se financian empresas nuevas.

Beneficios:

- Aporte del 50% de la garantía comercial, facilitando el acceso al crédito a aquellas empresas que no cuentan con garantías suficientes.
- Reducción de la deuda asumida hasta por el 40% del monto financiado, una vez que se compruebe la reducción del impacto ambiental.
- Reducción de costos mediante el manejo adecuado de los recursos: energía, agua, uso eficiente de materias primas (menos residuos) = aumento del margen comercial.
- Eficiencia en los procesos.
- Acceso a nuevos mercados, debido a una imagen "ecoeficiente".

Precisiones sobre el reembolso:

- Para obtener el reembolso, el cliente debe asegurarse de que el proyecto cubrirá las expectativas y que se cumplirá con el resultado esperado en cuanto a la reducción de impacto ambiental.
- El reembolso, luego de las evaluaciones realizadas y aprobadas por el CET Perú, se aplicará como sigue:

Reducción	Reembolso
< 20%	0%
21 – 30%	20%
31 – 40%	30%
> o = a 41%	40%

www.creditoambientalperu.org

Fuente: CET PERÚ