

# Definición de producción más limpia

Irene Varela Rojas

*El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) introdujo el concepto de producción más limpia (P+L) en 1989.*

## Palabras clave

Producción más limpia, ahorros, balance de materia, balance de agua, balance de energía, opciones de producción más limpia, viabilidad técnica, financiera y ambiental, plan de acción, monitoreo.

## Introducción

El pensamiento productivo-ambiental tradicional se ha centrado en buscar soluciones curativas una vez que los desechos y emisiones se han generado. Este es un enfoque de reacción y tratamiento conocido como tecnologías de “final del tubo” (también denominadas de



**La P+L tiene la ventaja de que en muchos casos, con modificaciones mínimas al proceso productivo existente, se obtienen rendimientos económicos y ambientales sustanciales**

“etapa final”, o del término en inglés “*end of pipe*”). Son llamadas así porque intentan controlar la contaminación al final del tubo, empleando exclusivamente técnicas curativas como plantas de tratamiento de aguas, filtros en chimeneas, incineración o neutralización de desechos, confinamiento de sustancias contaminantes y disposición de residuos en rellenos sanitarios o “botaderos”.

Las tecnologías de etapa final no están diseñadas para incentivar la prevención de la contaminación. Solo consiguen trasladar el problema de un lugar a otro.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) introdujo el concepto de producción más limpia (P+L) en 1989. Desde entonces ha ganado terreno en todo el mundo, en parte gracias a que las compañías han visto el mayor rendimiento y el beneficio económico que se obtiene al evitar o minimizar el empleo de tecnologías de etapa final.

## Definición de P+L

La P+L se define como “una estrategia integrada y continua de prevención, aplicada a los procesos, productos y servicios, con el fin de lograr un uso más eficiente de los recursos, dando lugar a un mejoramiento en el desempeño ambiental, minimizando los desechos y los riesgos a la salud y al medio ambiente”<sup>1</sup>.

1 Otros conceptos similares a producción más limpia son: minimización de desechos, prevención de la contaminación en la fuente, ecoeficiencia y producción verde. La clave de estos conceptos es hacer empresas más eficientes y menos contaminantes.

## P+L potencia los negocios

La producción más limpia es un concepto novedoso que evita o minimiza los desechos y contaminantes aun antes de que estos sean generados, obteniéndose como efecto inmediato una reducción en el consumo de materias primas, agua y energía. De esta forma, la protección de los ecosistemas naturales se reconcilia con el desarrollo económico y no se contrapone a la meta de los negocios, sino que más bien los potencia.

## Con P+L siempre se gana

Al minimizar los desechos se obtiene una reducción en el uso de materias primas e insumos, lo cual se traduce en ahorro de costos de producción, tratamiento y disposición de desechos, disminuye la responsabilidad legal por limpieza de contaminantes, reduce los riesgos a la salud y seguridad de los trabajadores, mejora las relaciones con la comunidad y la imagen empresarial. Es importante hacer énfasis en que la producción más limpia es un asunto de cambio de actitud, aplicación de conocimiento y mejora en procesos y productos, más que inversión en tecnología y equipos.

## P+L permite la mejora continua

El término “producción más limpia” reconoce que los productos y procesos no son completamente limpios, pero a través del mejoramiento continuo es posible reducir las emisiones y lograr que los procesos tengan progresivamente más limpieza.

En la figura 1, observamos que la P+L, primero trata de *evitar* los desechos antes de que se generen; segundo, se trata de *minimizarlos* en la fuente de generación, tanto en volumen como en peligrosidad. El reciclaje solo se recomienda cuando se ha hecho todo por evitar y minimizar. Los desechos que son inevitables pueden ser

reciclados en la empresa o vendidos para su reciclaje externo. Cuando ya no sea posible dar un uso rentable a los desechos, se deben tratar<sup>2</sup>, con el fin de volverlos inertes y compactos, haciendo uso hasta aquí de tecnologías de etapa final. Por último, los desechos tratados se deben disponer en forma segura.

## Metodología: P+L en la práctica

Producción más limpia es una herramienta útil para investigar sistemáticamente la producción e identificar oportunidades que mejoren los procesos, productos y servicios. El énfasis para resolver problemas ambientales tiene un enfoque creciente hacia la gestión, donde la buena administración ambiental puede ser complementaria y, a veces, sustituta de las inversiones en equipo.

La industria puede hacer operativo el concepto de P+L, siguiendo los seis pasos descritos en la figura 2.

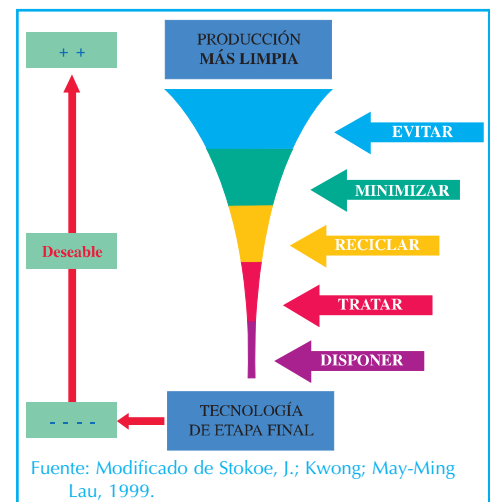
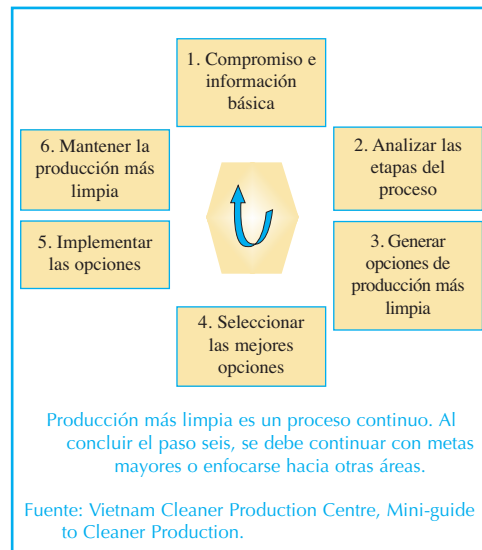


Figura 1  
Jerarquía en la aplicación  
de producción más limpia

2 Lo deseable es aplicar tratamientos que generen energía y recuperen materiales.



**Figura 2**  
**Seis pasos para implantar producción más limpia**

### **Etapas 1**

#### **Compromiso de la gerencia**

Un programa de P+L exitoso, demanda que la gerencia de la empresa se involucre en la supervisión directa de las mejoras.

#### **Equipo de trabajo**

Los supervisores y operarios deben participar activamente desde el principio del programa, pues ayudan en la identificación e implantación de las medidas de producción más limpia. Así que ha de integrarse un equipo de trabajo con representantes del nivel gerencial, contabilidad, bodega, mantenimiento y producción. Resulta muy útil incluir expertos externos en producción más limpia para guiar el proceso.

La gerencia debe tener en mente que los miembros del equipo han de tener la autoridad necesaria, las habilidades y el tiempo para llevar adelante el programa de producción más limpia.

3 Identificar los desechos en la fuente quiere decir que se busque el punto exacto donde se están generando el desecho y la emisión, por ejemplo: pasta que queda adherida a una bandeja, o una fuga de aire, vapor o agua.



**Equipo de trabajo en seminario de capacitación**

### **Información básica**

Para implementar P+L, es indispensable obtener información básica de la empresa y sus procesos; los tipos de productos y su volumen de producción; el consumo de agua, energía y materias primas y el costo de estos; los desechos generados en las diferentes líneas de producción y operaciones unitarias, entre otros datos importantes.

### **Etapas 2**

#### **Análisis de las etapas del proceso**

El equipo de P+L debe hacer una revisión completa de la compañía, levantando una lista de los procesos y operaciones unitarias y anotando en un diagrama de proceso sus principales entradas y salidas. Debe darse especial atención a las actividades periódicas como el lavado y los procesos donde se generan desechos y determinar el volumen generado.

#### **Identificar los desechos en la fuente <sup>3</sup>**

Con base en el diagrama de proceso, el equipo debe identificar los desechos en cada operación unitaria (figura 3). Lo anterior, junto a la recolección de

*La gerencia debe tener en mente que los miembros del equipo han de tener la autoridad necesaria, las habilidades y el tiempo para llevar adelante el programa de producción más limpia.*

Las **cuatro preguntas** básicas que asisten a la P+L son:

- **DÓNDE** se generan los desechos y emisiones;
- **CUÁNTO** se genera de los diferentes tipos de desechos y emisiones;
- **POR QUÉ** se generan los desechos y emisiones;
- **CÓMO** los desechos y emisiones pueden ser minimizados en su fuente de generación.

información básica, es la base para decidir el enfoque que tendrá el programa de P+L.

### Elija el enfoque con mayor beneficio económico

La empresa puede elegir el enfoque que permita los mayores beneficios

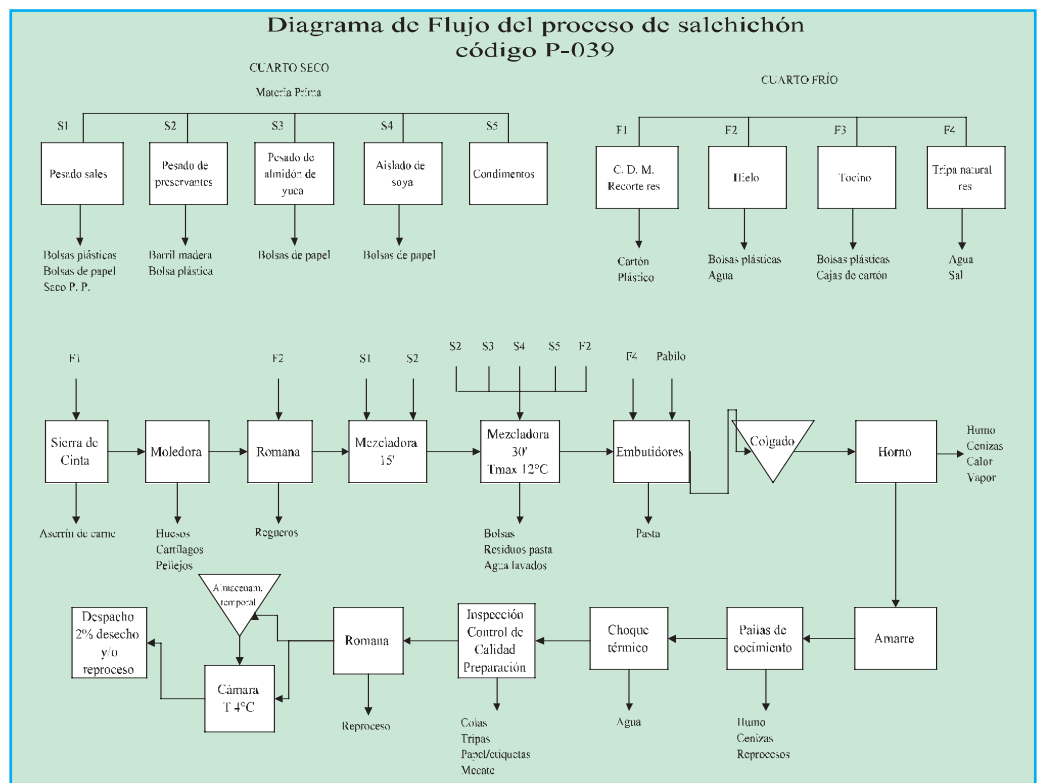
económicos. Las operaciones que generan altas pérdidas de materiales, insumos y/o productos; donde exista un alto reproceso y/o una alta concentración de contaminantes.

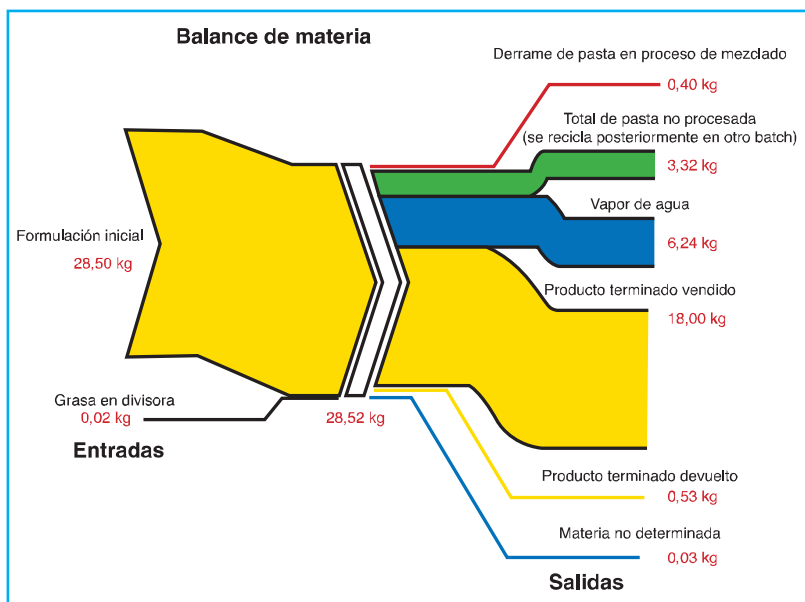
### Balance de materia

En el diagrama de proceso se identifican los desechos. No obstante, dado que se requiere un mayor grado de detalle para la toma de decisiones, se debe realizar un balance de materiales, agua y energía.

Por otro lado, estos balances, proveen la línea base que muestra el consumo de recursos y la generación de desechos antes de aplicar producción más limpia, lo cual es muy útil para efectos comparativos y demostrativos.

La obtención de los datos necesarios para los balances de materiales, requiere de un cuidadoso trabajo de medición, que podría necesitar la instalación de





**Figura 4**  
Diagrama Sankey para la representación del balance de materiales

medidores de consumo de agua y electricidad y análisis de muestras.

La única forma de identificar pérdidas que normalmente están escondidas, es cuantificando las entradas y salidas en cada operación unitaria y/o línea de proceso. La figura 4 ilustra una forma de representar las entradas y salidas de un proceso determinado.

#### Balance de agua

El balance de agua es indispensable, especialmente en empresas con alto consumo de ese líquido. Se deben identificar las operaciones que utilizan agua y su porcentaje de consumo. En el caso de la demostración en planta realizada en una de las industrias de embutidos estudiadas, se encontró la siguiente distribución de consumo de agua por actividad.

Según la figura 5, el lavado es la operación con mayor consumo de agua y por lo tanto la que presenta las mayores oportunidades de ahorro.

Una vez identificada la operación que consume el mayor volumen de agua, un

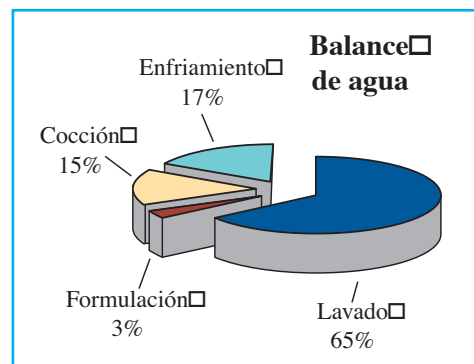
balance más fino permite determinar cuál es el equipo y/o recipientes donde se deben enfocar los esfuerzos de reducción.



Entradas de materias primas al proceso



Salida de materias primas al proceso

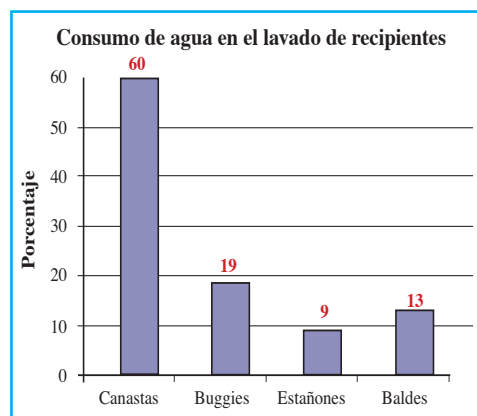


**Figura 5**  
Consumo de agua por actividad

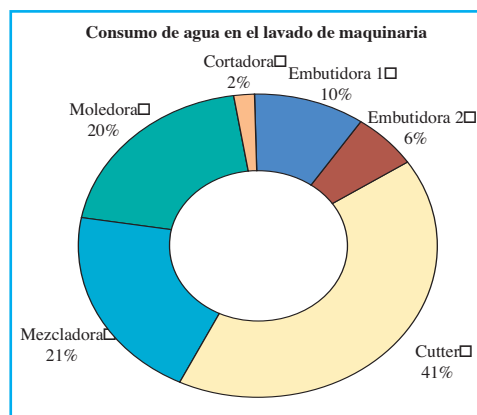
En la figura 6 resulta obvia la selección de las canastas en la búsqueda de opciones de mejora en producción más limpia.

De igual manera, se identificaron la “cutter”<sup>4</sup> y las mezcladoras como las maquinarias con mayor consumo de agua durante el proceso de lavado (figura 7).

El objetivo final es revisar los procedimientos de lavado existentes y



**Figura 6**  
Consumo de agua en lavado según tipo de recipiente



**Figura 7**  
Consumo de agua en lavado de maquinaria

modificarlos para reducir costos y contaminación.

### Balance de energía

Un estudio de entradas y pérdidas en los diferentes sistemas existentes en la empresa, permite determinar la deficiencia en el funcionamiento de los equipos y las oportunidades de mejora.

Por ejemplo, para un sistema de vapor se requiere medir la cantidad de combustible utilizado, el vapor perdido, las pérdidas de calor y aislamiento en tubería y accesorios, la presión del vapor, la frecuencia de purgas en la caldera, el retorno de condensados, las fugas y las prácticas de manejo.

En el sistema de iluminación, es preciso medir el número y tipo de luminarias, el consumo energético, la altura de las lámparas, la intensidad requerida de luz para cada operación y la presencia o ausencia de tragaluces o iluminación natural.

### Cuantificación de las pérdidas

El balance de materia, agua y energía genera la información necesaria para asignar un costo a cada una de las pérdidas por tipo de desecho.

La cuantificación de las pérdidas crea motivación y compromiso, pues indica el potencial de ahorro y da una idea de cómo ser más eficiente al producir más con menos insumos, o con la misma cantidad de insumos obtener más producto.

En el Cuadro 1 se cuantifican los materiales desechados y las causas de su generación, así como el costo que representa para la empresa.

### Análisis de las causas

Para cada desecho relevante, debe realizarse un análisis de causas, que consiste en determinar la razón del

4 La máquina denominada “cutter” tiene la función de mezclar los diferentes ingredientes y producir la emulsión en la pasta a embutir.

Cuadro 1 Cuantificación de pérdidas de materiales				
Desecho	Fuente	Cantidad desechada	Características	Costo de la pérdida
Embutido con funda reventada Agua residual	Cocción	1,7% de la producción	En buenas condiciones para el reproceso DQO, DBO, pH, grasa, sólidos Puertas abiertas innecesariamente	(15000,0 US\$/año)
	Área de producción	4 000 000 litros/año		6 860,0 US\$/año solo costo tratamiento
Pérdidas de diesel	Cámara refrigeración	8600 kW/hr anual		800,0 US\$/año

**El análisis de causas está basado en preguntarse ¿por qué?**

Los tres “porqués” principales son:

- ¿POR QUÉ se producen los desechos en determinada operación unitaria?
- ¿POR QUÉ es necesaria esta etapa, equipo o condición de proceso?
- ¿POR QUÉ tal consumo de materiales, agua, energía y químicos?

desecho y si este es realmente inevitable. Se debe ser específico. Por ejemplo, para el desecho de la primera fila del Cuadro 1, no basta con decir que la causa del reproceso es el “control inadecuado en la etapa de cocción”. Debe encontrarse la causa específica que genera el desecho, por ejemplo “que la temperatura de cocción sobrepasa los 80 °C”. Por lo tanto, para hacer un análisis de causas, se debe comprender bien el proceso de producción y los parámetros de operación.

### Etapa 3

#### Generación de opciones en P+L

En esta fase se elabora una lista de las opciones de mejora. Para cada causa identificada, puede haber una o más opciones de P+L. Dado que para identificar la opción se requiere creatividad y conocimiento, se utiliza la técnica “lluvia de ideas”<sup>5</sup>, para propiciar la participación, el aporte y el compromiso en las opciones, por parte de todo el equipo de trabajo.

Un buen análisis de causas, permite desarrollar opciones de mejora acertadas.

#### Clasificación de las opciones

Las opciones de P+L deben ser clasificadas como:

Cuadro 2 Lista de causas y opciones de P+L			
Desecho en la fuente	Causa	Opción de P+L	Opción #
Agua residual excesiva por lavado de: maquinaria, canastas y pisos	Lavado de piezas y máquina	Eliminar todos los sólidos en seco, utilizando una paleta y remojar las piezas desmontables con agua caliente de las marmitas (tanques de cocción) en vez de utilizar vapor nuevo.	1
	Lavado de canastas	Separar las canastas que proceden de ventas, pues contienen menos grasa que las de proceso, y enjuagar las canastas en columnas de cinco.	2
	Lavado de pisos	No utilizar vapor para lavar el piso, sino recoger primero los sólidos y reutilizar el agua caliente sobrante.	3

5 La técnica de “lluvia de ideas”, consiste en motivar al personal de la empresa para que haga propuestas libremente. Al final, el grupo selecciona las mejores ideas.

Cuadro 3 Clasificación de opciones				
Opción P+L	Categoría	Implantación		
		Directa	Estudio	Rechazada adicional
Control de temperatura en cocción Eliminar sólidos antes del lavado Separación interna de efluentes con diferentes grados de contaminación Reemplazar cutter por una de mayor tamaño	Mejora de proceso	✓		
	Buenas prácticas	✓		
	Mejora tecnológica		✓	
	Mejora tecnológica			✓

un estudio de viabilidad (esto es la capacidad de ejecución de la empresa) de los aspectos técnico, financiero y ambiental.

La finalidad de las evaluaciones técnica, financiera y ambiental es seleccionar las mejores opciones. Esto puede realizarse con la ayuda de un instrumento de ponderación (cuadro 4).

## Etapa 5

### Implantación de opciones de P+L

Muchas de las opciones de bajo costo o de ningún costo, por ejemplo, reparar fugas, dar entrenamiento al personal,

Cuadro 4 Método de ponderación para la viabilidad de las opciones en P+L					
Opción	Viabilidad			Valor total 100%	Prioridad
	Técnica 30%	Financiera 50%	Ambiental 20%		
Opc. 1	0,3	1,5	0,6	2,4%	2sgd
Opc. 2	0,9	2,5	0,2	3,6%	1era

- Opciones que pueden ser implantadas directamente, en cuyo caso deben adoptarse de inmediato;
- Opciones que requieren estudio adicional, deben ser evaluadas en la etapa siguiente; y
- Opciones que deben ser rechazadas por no ser factibles.

Estas medidas deben ser documentadas, para evaluar los beneficios de P+L.

## Etapa 4

### Selección de opciones a través de un estudio de viabilidad

Para las opciones de P+L más complicadas, es necesario llevar a cabo

### Viabilidad técnica

En los cambios sugeridos, se debe tener en cuenta aspectos tales como:

- Calidad del producto.
- Capacidad de producción.
- Requerimientos de espacio.
- Compatibilidad con equipo existente.
- Requerimientos de operación y mantenimiento.
- Necesidad de entrenamiento.
- Aspectos de salud y seguridad ocupacional.

### Viabilidad financiera

La viabilidad financiera debe calcularse con base en la inversión y el ahorro esperados. Algunos métodos para valorar la viabilidad financiera son:

- Comparación de costos para alternativas de inversión con ingresos similares.
- Comparación de ganancias, basado en el ingreso y el ahorro para cada alternativa.
- Retorno de la inversión, que relaciona las ganancias con el capital invertido.
- Periodo de pago.
- Valor presente neto (VPN)
- Tasa interna de retorno (TIR)



### Viabilidad ambiental

Para la mayoría de las opciones, la viabilidad ambiental es positiva; sin embargo, se debe evaluar si algún impacto negativo excede los aspectos positivos.

deben ser adoptadas durante las primeras etapas del programa de producción más limpia.

Las opciones restantes han de ser implantadas de acuerdo con un plan de acción aprobado por la gerencia, así como la obtención de los fondos necesarios.

### Monitoreo y evaluación de resultados

La sostenibilidad de un programa de P+L, requiere que llegue a ser parte del manejo diario. La clave es el monitoreo rutinario documentando el éxito del programa de P+L. Se debe llevar una lista de las opciones que han sido adoptadas, con sus exactos resultados, midiendo de forma cuantificable las metas establecidas en el plan de acción.

Para mantener el compromiso, los resultados y beneficios del programa de P+L, es importante que los avances sean discutidos con la administración y los empleados.

### El plan de acción debe establecer

- ¿Qué tarea (o meta) se desea establecer?
- ¿Quién es el responsable de la tarea?
- ¿Cuándo debe estar finalizada la tarea?
- ¿Cómo se debe medir la meta establecida?

### Monitoreo

Se debe medir el nuevo nivel de recursos consumidos y el nuevo nivel de desechos generados, para evaluar el éxito de las opciones. Para lo cual se deben atender los siguientes aspectos:

- ¿Qué monitorear?;
- ¿Quién es el responsable del monitoreo?;
- ¿Cuándo hacer el monitoreo?;
- ¿Cómo reportar a los empleados?;
- ¿Cómo reportar a la gerencia?

### Etapa 6

#### Mantener la P+L: mejoramiento continuo

Es imperativo que el equipo de producción más limpia “no pierda el impulso” después de que se hayan implantado unas pocas opciones, o después de que el consultor en producción más limpia haya terminado su labor en la empresa.

Establecer un sistema de manejo ambiental (SMA), certificado o no, asegurará que la producción más limpia se mantenga en la agenda de la compañía, o al menos es preciso diseñar una política ambiental interna, para mantener el tema de P+L en agenda.

#### Diseñar nuevas metas de producción más limpia

Una vez finalizado el ciclo de seis pasos, deben lanzarse nuevas metas de reducción y ahorros. Esto asegura el mejoramiento continuo de la compañía.

## Lista de chequeo para la implantación de P+L

### Etapa 1

- Asegurar el compromiso de la alta gerencia.
- Constituir un equipo de trabajo de P+L.
- Hacer una lista de las etapas del proceso e identificar los desechos en la fuente.
- Realizar un diagrama de flujo de los procesos.
- Seleccionar las áreas focales.

### Etapa 2

- Realizar balances de materiales, agua y energía.
- Caracterizar los desechos en la fuente.
- Asignar costos a los desechos.
- Identificar causas de la generación de los desechos.

### Etapa 3

- Generar opciones de P+L viables.
- Clasificar las opciones como: “de implementación directa”; “requieren estudio adicional”; y “opción rechazada”.

### Etapa 4

- Analizar la viabilidad técnica de las opciones de P+L.
- Analizar la viabilidad financiera de las opciones de P+L.
- Analizar la viabilidad ambiental de las opciones de P+L.
- Seleccionar las opciones de P+L para su implantación.

### Etapa 5

- Elaborar un plan de acción para llevar las opciones a la práctica.
- Implantar las opciones de P+L.

### Etapa 6

- Monitorear y evaluar los resultados.
- Reportar los resultados de P+L.
- Establecer nuevas metas de P+L para el mejoramiento continuo.
- Integrar continuamente las actividad de P+L en el manejo diario de la empresa.