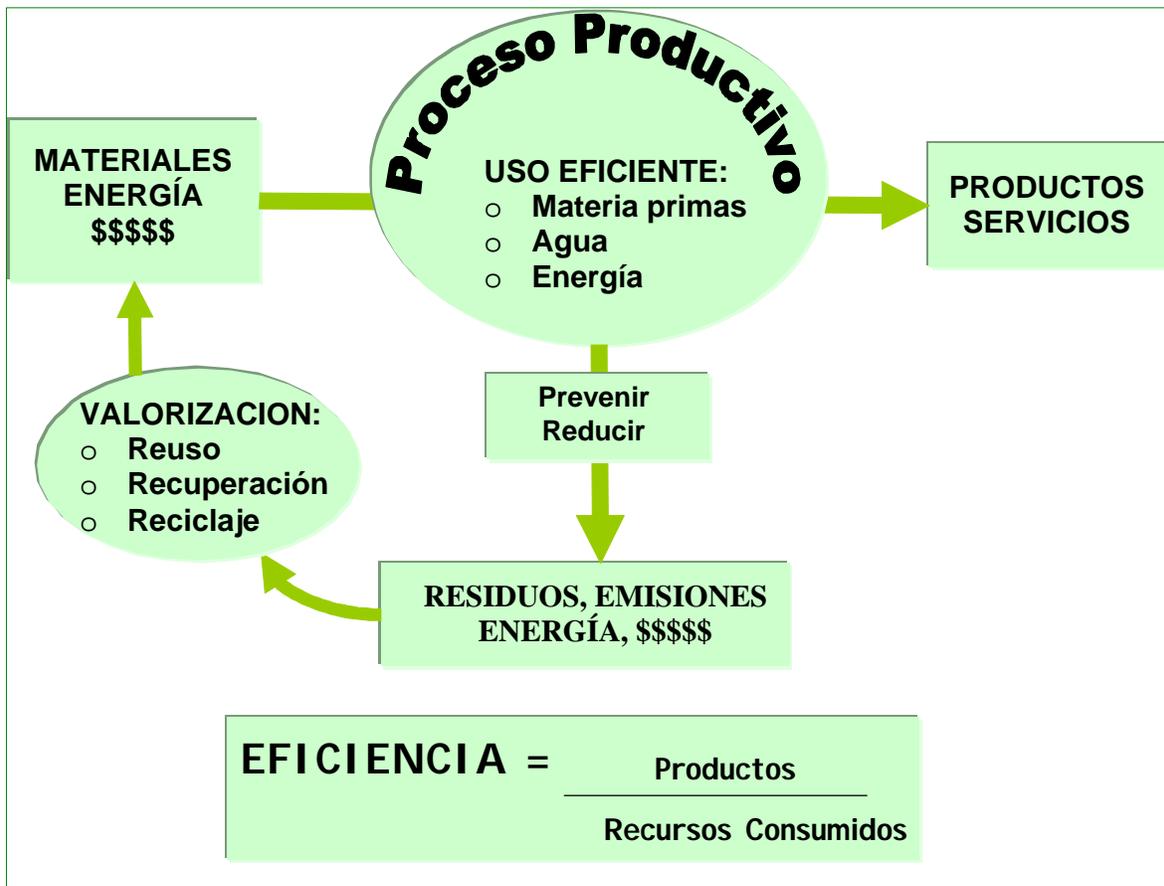


CAPITULO 1.

Técnicas para la Producción Limpia

La producción limpia es una estrategia de carácter preventivo que las empresas pueden aplicar a sus procesos productivos con el objetivo de minimizar los residuos y emisiones en el origen, reduciendo los riesgos para la salud humana y el ambiente y elevando simultáneamente la productividad y competitividad de la empresa. El principio básico de la producción limpia es aumentar la eficiencia global del proceso, previniendo las pérdidas de materiales y energéticas.

CUADRO Nº1.1:
PRINCIPIO BÁSICO DE LA PRODUCCIÓN LIMPIA



El objetivo esencial de una industria es transformar la materia prima en un producto comercializable. Por ende, la generación de residuos y emisiones durante el proceso productivo puede ser considerada como una pérdida del proceso y un mal aprovechamiento de la materia prima empleada y, por lo tanto, representan un costo adicional del proceso productivo. A su vez, la generación de residuos origina impactos económicos importantes asociados a los costos de tratamiento y disposición final de éstos. Por consiguiente, minimizar la cantidad de residuos tiene un beneficio económico para la empresa.

El enfoque tradicional con que se ha abordado el control de la contaminación, considera como primera opción reducir los contaminantes después de que se hayan generado por los procesos industriales, exigiendo la aplicación de tecnologías de etapa final, que muchas veces alcanzan costos elevados obstaculizando la competitividad de las empresas, especialmente en el caso de las PyMES.

La Producción Limpia invierte o reorienta la jerarquía de gestión de los contaminantes, considerando las oportunidades de prevención de la contaminación antes que recurrir a medidas de reducción de la contaminación que a la larga generan costos de producción más altos y una menor protección del ambiente:

1. Prevención de la contaminación
2. Reutilización y reciclado
3. Tratamiento o control de la contaminación
4. Disposición final

Si bien todos los métodos de protección del ambiente proporcionan algunos beneficios, las oportunidades para reducir los riesgos al ambiente y a la salud y los costos que conlleva son mayores en las primeras opciones de la jerarquía para la gestión de la contaminación.

Con el incremento en la eficacia de la producción, la eliminación de las descargas accidentales y de operación, y la reducción de los costos no productivos que implican el tratamiento y los desechos, se genera una vinculación real entre desarrollo económico y protección del medio ambiente.

En consecuencia, aplicar los principios de prevención relacionados con la producción limpia tiene un doble beneficio: desde el punto de vista económico, logra una utilización más eficiente de los recursos (materias primas, agua y energía), así como reduce los costos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos; mientras que desde el punto de vista ambiental, reduce la contaminación.

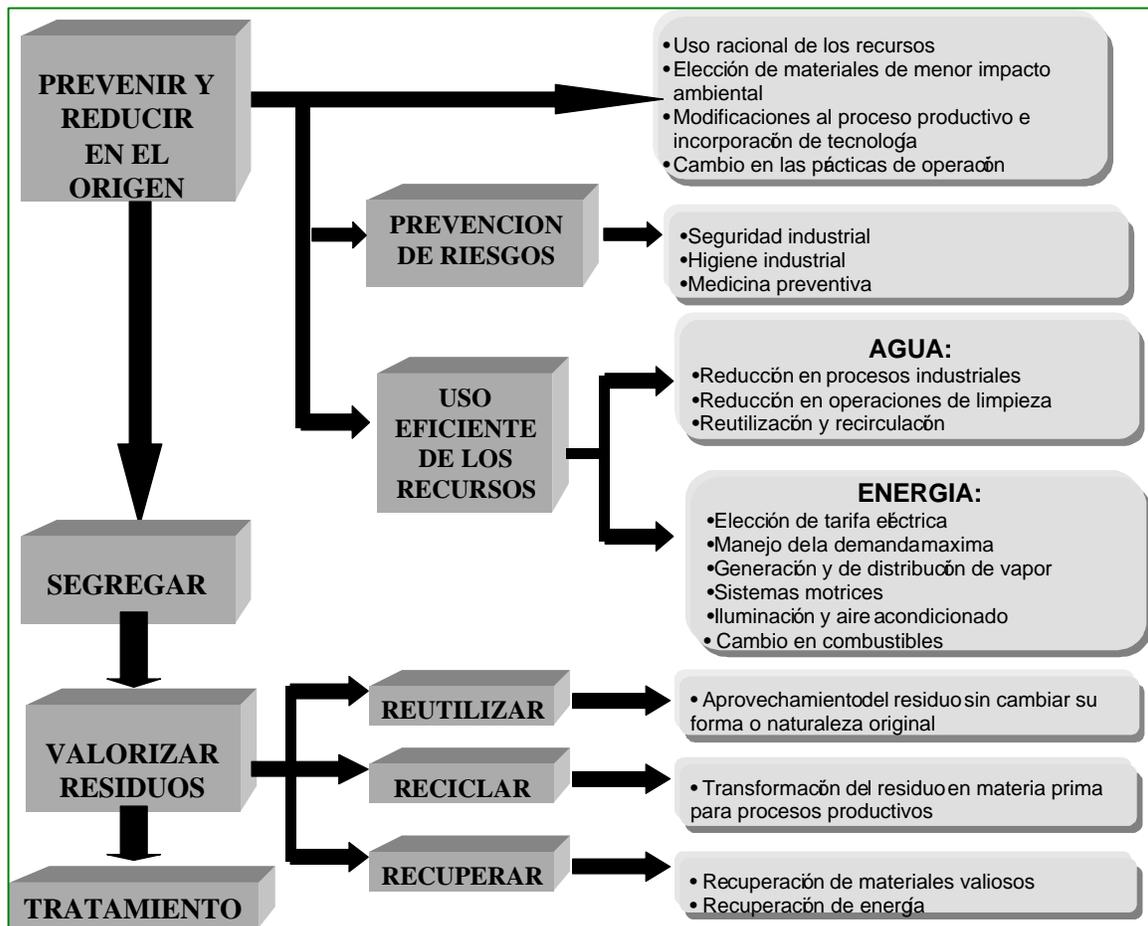
La producción limpia es una estrategia preventiva integral, por lo que tiene la ventaja de que no considera el control ambiental y la seguridad laboral como algo aislado del proceso productivo, sino que surgen como consecuencia de una gestión productiva más eficiente. Así el control ambiental, basándose en

un eficiente sistema de gestión, genera un aprovechamiento integral de las materias primas y de la energía utilizada, a la vez que aprovecha al máximo el potencial de la tecnología existente y se identifican oportunidades de mejoramiento en todas las áreas y actividades de la empresa:

- Control de calidad
- Prevención de la contaminación
- Seguridad y salud en el trabajo
- Entrenamiento y motivación de los trabajadores
- Control de perdidas

De esta forma, la producción limpia puede lograrse previniendo la generación del residuo en el origen, reduciendo y controlando los riesgos operacionales, usando eficientemente la energía y el agua, valorizando aquellos residuos inevitables, segregando los residuos para una mejor valorización y/o tratamiento e integrando conceptos ambientales a la gestión de producción (ver Cuadro N° 1.2).

CUADRO N° 1.2:



TECNICAS PARA LA PRODUCCION LIMPIA

1.1 Prevención y reducción de residuos en el origen

Prevenir la generación de residuos en el origen es el primer paso de la producción limpia, pues elimina la necesidad de realizar posteriormente una compleja gestión de residuos, incluyendo su tratamiento y disposición final. Reducir, por su parte, implica disminuir en el origen la cantidad y nocividad de un residuo. La gestión de residuos se aborda en detalle en el capítulo 2.

La prevención y reducción de residuos puede lograrse implementando una estrategia de producción limpia adecuada, que contemple medidas preventivas, tales como;

- Uso racional de los recursos: materias primas, agua, energía, recursos humanos y tecnológicos.
- Selección de materiales de menor impacto ambiental.
- Modificaciones al proceso productivo e incorporación de tecnología.
- Cambios en las prácticas de operación, mejorando la percepción y actitud de los operarios.

En la práctica, la prevención y reducción en el origen es una de las alternativas menos costosas para la solución de problemas ambientales, ya que es posible implementar modificaciones simples a los procesos productivos que, con mínimos requerimientos de capital, permitan generar incrementos significativos en la productividad y una drástica reducción en la generación de residuos o emisiones, conjuntamente con mejorar la competitividad de la empresa y obtener beneficios económicos.

A continuación, se describen algunas de las medidas prácticas para la prevención y reducción de residuos en el origen que son de interés para la industria de procesos, genéricas a cualquier rubro industrial¹.

1.1.1

Uso racional de los recursos

- Mejorar sistemas de control de calidad de materias primas en la recepción para verificar que cumplen con las especificaciones requeridas del proceso (p. ej.: composición, propiedades fisico-químicas, presencia de contaminantes potenciales, etc.).
- Optimización de los programas de producción y mantención preventiva de los equipos con el fin de evitar accidentes, escapes, derrames y/o falla de equipos. Esto incluye el chequeo y revisión de bombas, válvulas,

¹ La Unidad de Residuos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente de la Región Metropolitana (CONAMA RM) ha desarrollado las "Guías para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial", para 27 rubros industriales. Cada guía contiene medidas prácticas para la minimización de los residuos, específicas para el rubro analizado. Las guías están disponibles en www.conama.cl.

- empaquetaduras, estanques de retención, filtros, equipos de seguridad, etc.
- Optimización de operaciones de almacenamiento y manejo de materias primas, así como del control de inventarios, para coordinar el volumen de las adquisiciones con los requerimientos de producción, teniendo en cuenta la vida útil de los recursos (muy importante en el caso de materiales biodegradables y/o químicamente inestables).
 - Reducir las pérdidas entre cargas de procesos batch, recuperando los materiales previo a las operaciones de lavado y posterior a la descarga del producto.
 - Reducir las pérdidas durante la operación transiente de la planta (p. ej.: puesta en marcha y detención, cambios de niveles de producción, cambios en las materias primas y condiciones de operación, etc.).
 - Desarrollar e implementar prácticas de uso eficiente de agua y energía (ver Capítulos 2.3 y 2.4).

1.1.2

Selección de materiales de menor impacto ambiental

- Sustituir materiales peligrosos o tóxicos por alguno menos nocivos para el medio ambiente.
- Usar materias primas e insumos que no generen residuos indeseados o peligrosos (p. ej.: usar gas natural como combustible)
- Preferir materias primas e insumos con menor cantidad de envoltorios o comprar a granel para reducir embalajes.
- Seleccionar insumos con una vida útil más larga.
- Seleccionar materiales que, debido a sus propiedades, puedan ser utilizados con mayor eficiencia, o pueden ser recuperados económicamente.
- En caso de usar sustancias peligrosas, implementar las medidas necesarias para una gestión segura en las actividades de transporte, almacenamiento y manipulación.

1.1.3

Modificaciones al proceso productivo e incorporación de tecnología

- Mejorar el diseño de los procesos, para permitir una mayor productividad y utilización de los recursos materiales y energéticos.
- Usar herramientas de modelación y optimización para seleccionar las condiciones de operación, con vistas a minimizar las pérdidas.
- Implementar controladores que permitan mantener las condiciones de operación del proceso cercanas a las óptimas.

- Preferir equipos que usen más eficientemente las materias primas, que consuman menos energía y que sean más limpios.

1.1.4

Cambio en las prácticas de operación

- Capacitación y entrenamiento permanente del personal sobre condiciones del proceso, seguridad y salud en el trabajo, manejo de materiales y gestión ambiental.
- Uso de incentivos al personal, no sólo de tipo monetario. Los empleados se comprometen más cuando saben que obtendrán algún beneficio, directo o indirecto, o un reconocimiento por su desempeño.
- Desarrollo de manuales de operación y procedimientos. Incluyendo desde listas de verificación o figuras de llamados de atención para los operarios, hasta manuales para el personal profesional, con el fin de modificar operaciones para aumentar la eficiencia del proceso.
- Desarrollar un programa permanente de reconocimiento, evaluación y control de riesgos ocupacionales.
- Realizar rutinariamente auditorías ambientales.
- Desarrollar balances de masa y energía.
- Detección de áreas críticas.
- Estructura orgánica adecuada para mantener una operación con mínimo impacto ambiental.

1.2 Prevención de riesgos

La experiencia ha demostrado que un porcentaje considerable de los accidentes del trabajo es originado por acciones inseguras, es decir, por errores humanos. Por lo tanto es fundamental contar con un programa de prevención de riesgos, que permita mantener la seguridad y salud en el trabajo. Se debe considerar implementar tanto un programa de seguridad industrial como uno de higiene industrial, cuando corresponda.

El éxito de un programa de prevención de riesgos se alcanza cuando se logra crear una cultura preventiva en la empresa. Por lo tanto, es fundamental la participación y compromiso de todos los trabajadores.

1.2.1

Programa de Seguridad Industrial

El programa de seguridad industrial tiene como objetivo incorporar en la empresa un trabajo permanente de análisis, diagnóstico e implementación de programas de acción, con el fin de proteger al trabajador contra riesgos de accidentes laborales. Las materias propias de un programa de seguridad industrial son:

- **Reconocimiento y evaluación de riesgos:** Análisis de las condiciones de seguridad en que se desarrollan las operaciones y procesos industriales.
- **Eliminación y control de situaciones riesgosas:** Implementar medidas tales como: elaboración de procedimientos de trabajo para actividades críticas; mejorar las líneas de producción; señalar y demarcar las áreas; manejo seguro de sustancias peligrosas; usar equipos de protección personal; implementar planes de emergencias; adecuar ergonómicamente los puestos de trabajo; etc.
- **Capacitación:** Para que un trabajador pueda realizar su trabajo con mayor rendimiento, mejor calidad y mayor seguridad es fundamental capacitarlo, desarrollando los conocimientos y habilidades necesarias para su desempeño laboral. La capacitación es especialmente necesaria cuando el personal es nuevo y cuando se introducen nuevos equipos o se realizan cambios en los procesos.

1.2.2

Programa de Higiene Industrial

Por su parte, el objetivo de la higiene industrial es prevenir las enfermedades profesionales eliminando o controlando agentes contaminantes ambientales. Las etapas típicas de un programa de higiene industrial son:

- **Reconocimiento de riesgos:** Estudiar los lugares de trabajo y analizar los procesos productivos, con el fin de detectar los riesgos e identificar agentes físicos, químicos o biológicos.
- **Evaluación Ambiental:** Evaluar los riesgos presentes en los ambientes de trabajo con el fin de determinar en cuantitativamente la presencia de un agente de riesgo. Para este fin es fundamental realizar evaluaciones en laboratorios especializados.
- **Control de Riesgos:** Detectados y evaluados los riesgos, se deben definir las medidas de prevención y control de Riesgos, orientadas a eliminar el riesgo en la fuente de origen, controlar su propagación y proteger al trabajador.

Es primordial tener presente, que en caso de existir grupos de trabajadores expuestos a riesgos de enfermedad profesional, se debe implementar un programa de medicina preventiva del trabajo, que controle periódicamente a las personas expuestas. Su objetivo es detectar en forma precoz los efectos de los agentes de riesgos, de modo de tomar las medidas correctivas para evitar la enfermedad profesional en el trabajador.

1.3 Uso eficiente del agua

La escasez de agua alcanza niveles críticos en muchas regiones de nuestro país, debido a cambios climáticos y a sequías prolongadas. Más aún, el costo de tratamiento de los residuos líquidos está directamente asociado al volumen

de agua a tratar. Como consecuencia, existe un creciente incentivo para reducir el consumo de agua.

En la industria son muchos los procesos en los que se necesita agua, y la demanda de este recurso puede reducirse aplicando técnicas de uso eficiente. Entre las principales medidas que se pueden implementar se incluyen:

- o Reducción del consumo
- o Recirculación de las aguas de proceso
- o Reutilización de las aguas de proceso

La implementación de estas prácticas está determinada por las condiciones locales, el tipo de industria, tecnología y escala de operación.

Es importante tener en cuenta que para llevar a cabo un programa de uso eficiente de agua siempre será necesario monitorear los consumos y la calidad del agua de cada proceso individual.

Conocer los consumos de agua en todos los usos de la industria permite fijar metas de reducción, buscar oportunidades de mejora al compararse con el estándar y desarrollar medidas específicas de uso eficiente de agua.

Por su parte, para establecer medidas de reutilización o recirculación es indispensable conocer la calidad del agua en cada parte del proceso industrial, ya que no todos los procesos industriales ni las áreas anexas a los mismos, requieren de la misma calidad de agua.

1.3.1

Reducción del consumo

Para evaluar las alternativas de reducción de consumo de aguas industriales es fundamental estudiar cada uno de los procesos para determinar exactamente la cantidad de agua que requieren. De este modo, al compararla con el consumo real, es posible evaluar opciones para optimizar la operación de los procesos con el fin de usar el mínimo de agua necesario.

Entre las medidas más comunes está la implementación de un programa de mantenimiento preventivo que incluya detección de fugas en las operaciones y artefactos que usan agua.

Así mismo muchas veces es necesario modificar o cambiar los equipos existentes por unos de tecnología más eficiente. Tal como reemplazar las válvulas manuales por unas que se cierran automáticamente cuando no se requiera agregar más agua, ya que los controles manuales frecuentemente resultan ineficientes.

En las operaciones de limpieza generalmente también hay muchas oportunidades para reducir los consumos de agua. Algunas medidas concretas son priorizar el lavado o prelavado en seco, usar sistemas de alta

presión con agua y aire, y seleccionar detergentes que requieran menos agua y usarlos en la proporción adecuada.

Por otra parte, en las áreas anexas a la industria, como por ejemplo los jardines o servicios sanitarios, igualmente se pueden lograr importantes reducciones del consumo.

Por último, las medidas de reducción de consumos generalmente se asocian a cambios físicos, sin embargo los cambios en la actitud y hábitos de consumo de los operarios también son un importante elemento para lograr un exitoso programa de reducción de consumo de agua.

1.3.2

Recirculación y reutilización de las aguas de proceso

Los sistemas de reutilización y recirculación son aquellos que emplean agua que ya fue antes usada en otra operación o proceso; sin embargo debe considerarse que en varios casos será necesario algún tratamiento previo a este segundo uso.

El empleo de los sistemas de reutilización y recirculación de agua está limitado por factores sanitarios (cada reciclo aumenta el riesgo de contaminación), acumulaciones de material disuelto orgánico e inorgánico, efectos sobre el sabor y la apariencia de los productos, etc.

La recirculación consiste en utilizar el agua en el mismo proceso donde inicialmente se usó. Es necesario entonces conocer la calidad del agua demandada por el proceso en cuestión, el nivel de degradación de su calidad en el mismo y, por ende, el tipo de tratamiento cuando sea necesario.

Uno de los usos industriales en que se emplea la recirculación es el enfriamiento de equipos que generan calor, en cuyo caso el agua de enfriamiento se mantiene en circuito cerrado. Otro uso, es la generación de energía termoeléctrica donde la recuperación de condensados es fundamental para la recirculación del vapor.

También es recomendable recircular aguas con aditivos que aún se encuentran activos, con el fin de reaprovecharlos en el proceso.

Por su parte, la reutilización consiste en usar el efluente de un proceso en otro que requiere de diferente calidad del agua. Es necesario determinar la calidad del agua que requiere cada proceso, identificar qué efluentes podrían utilizarse y, cuándo corresponda, definir cuál sería el tratamiento mínimo requerido y los mecanismos para transportar el líquido.

El agua producto de ciertos procesos puede reutilizarse en otros que requieran de una calidad menor, como sucede, por ejemplo, con el lavado de pisos, el sistema de enfriamiento, el transporte de materiales o la purificación de aire.

La reutilización también se puede implementar habilitando sistemas de circulación de aguas en contracorriente, usando aguas limpias en áreas donde sea estrictamente necesario. Por ejemplo, en las operaciones de envasado de frutas, se puede usar agua fresca en las etapas finales del proceso, y luego reutilizarla en las operaciones precedentes: transporte o lavado.

1.4 Uso eficiente de la energía

El uso más racional y eficiente de la energía permite a las industrias reducir sus costos de producción, lo que se traduce en una mayor productividad por unidad de energía consumida². Al mismo tiempo, favorece el cuidado del medio ambiente al reducir el consumo de combustibles fósiles, generar menores emisiones atmosféricas y usar mejor los recursos renovables.

En general, en las empresas existen significativas potencialidades de mejoramiento de la eficiencia con que se usa la energía. La concreción de estas potencialidades supone una motivación y compromiso activo de la gerencia, de los supervisores y de todo el personal.

Las alternativas de eficiencia energética incluyen desde medidas de bajo costo, que se pueden implementar efectuando acciones directas sobre los equipos y procesos, hasta modificaciones tecnológicas que para materializarse necesitan inversiones considerables. Se debe tener presente que la mayor inversión, en general, se compensa ampliamente con la reducción de los costos de operación que se obtienen. Por lo tanto, es fundamental hacer una buena evaluación económica de las alternativas.

A continuación se describen algunas áreas típicas en donde un programa de eficiencia energética debiera buscar oportunidades para ahorrar energía³:

1.4.1 Elección de tarifa eléctrica

El sistema tarifario actual esta vigente desde octubre de 1980. El marco legal por el cual se regulan las tarifas esta definido por las disposiciones contenidas en Ley General de Servicios Eléctricos (D.F.L. N° 1 de 1982 del Ministerio de Minería). Las disposiciones y opciones tarifarias actualmente vigentes se encuentra contenidas en el D.S. N° 632 de 2000 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción.

² Para la generación de indicadores en producto/energía se recomienda seguir la "Guía energía, Guía metodológica para la integración del factor energía en la gestión ambiental de las pequeñas y medianas empresas" editado por INTEC GTZ con la colaboración de la ACHS. La Guía Energía se encuentra disponible en el sitio web del centro Nacional de Producción Limpia www.cnpl.cl

³ Bibliografía: Apuntes del curso organizado por INTEC-GTZ "Herramientas para el uso eficiente de la energía y la producción limpia" dictado por el Programa de Investigaciones Energéticas de la Universidad de Chile, PRIEN. Enero 2002.

TABLA N° 1.1:
ESQUEMA DE SISTEMA TARIFARIO REGULADO

Opción Tarifaria		Cargos	
BT1 Tarifa Simple	Caso a <i>Con límite de invierno</i>	a)	Cargo fijo mensual
	Caso b <i>Con límite de verano</i>	b)	Cargo por energía base
		c)	Cargo por energía adicional de invierno
Caso c <i>Consumo verano</i>	d)	Cargo fijo mensual	
	e)	Cargo por energía	
BT2 y AT2 Potencia contratada		c)	Cargo por potencia base
BT3 y AT3 Demanda máxima leída		d)	Cargo por potencia de invierno
BT4 y AT4 Tarifa horaria	BT4.1 y AT4.1 <i>Potencia contratada en punta y fuera de punta</i>	a)	Cargo fijo mensual
		b)	Cargo por energía
	c)	Cargo mensual por demanda máxima contratada en horas de punta.	
BT4.2 y AT4.2 <i>Potencia leída en punta y contratada fuera de punta</i>	d)	Cargo mensual por demanda máxima contratada	
	a)	Cargo fijo mensual	
BT4.3 y AT4.3 <i>Potencia leída y suministrada</i>	b)	Cargo por energía	
	c)	Cargo mensual por demanda máxima leída de potencia en horas de punta.	
	d)	Cargo mensual por demanda máxima contratada	
		a)	Cargo fijo mensual
		b)	Cargo por energía
		c)	Cargo mensual por demanda máxima leída de potencia en horas de punta.
		d)	Cargo mensual por demanda máxima de potencia suministrada.

Nota 1: Son clientes en baja tensión (BT) aquellos que están conectados con su empalme a líneas cuyo voltaje es igual o inferior a 400 volts y clientes en alta tensión (AT) aquellos cuyo voltaje es superior a 400 volts.

Nota2: La definición de horas de punta de cada empresa o sector de distribución dependerá del sistema eléctrico del cual sean abastecidos, quedando éstas establecidas en el decreto de precios de nudo vigente.

Los usuarios finales cuya potencia conectada es inferior o igual a 2.000 kW están sujetos a regulación de precios. Estos clientes pueden elegir libremente la opción tarifaria que más le convenga conforme a su modalidad de consumo, con las limitaciones establecidas en cada caso y dentro del nivel de tensión que les corresponda. Las diferentes opciones tarifarias establecidas en el D.S. N° 632⁴ se muestran esquemáticamente en el Tabla N° 2.1.

Adicionalmente hay que controlar el factor de potencia de la instalación ya que el sistema tarifario aplica un recargo en caso de estar bajo el mínimo establecido. La facturación se recargará en 1% por cada 0,01 en que dicho factor baje de 0,93. El factor de potencia se puede corregir agregando condensadores al sistema.

1.4.2 Manejo de la demanda máxima

Cualquiera sea la tarifa contratada, la demanda de potencia en hora de punta es fuertemente castigada, puesto que se determina por el costo marginal de generar potencia adicional instalada. Resulta, entonces, conveniente reducir esta potencia tanto como sea posible.

Para lograr este propósito, las opciones van desde trasladar parte o el total del consumo de potencia fuera de la hora de punta, si el proceso lo permite, hasta habilitar un sistema de generación energía eléctrica (grupo electrógeno) y cubrir la demanda durante ese periodo con recursos propios.

En el primer caso, las recomendaciones apuntan a establecer una coordinación de actividades en el proceso productivo, evitando que se produzca una concentración puntual de demanda. Por ejemplo, identificando las actividades que demanden grandes consumos y dentro de las flexibilidades que ofrece el proceso productivo, coordinar la partida desplazada en el tiempo de ellas; o desconectando algunos sistemas que no sean críticos (calefacción, aire acondicionado, iluminación) por unos cuantos minutos en el periodo donde ocurre la demanda máxima.

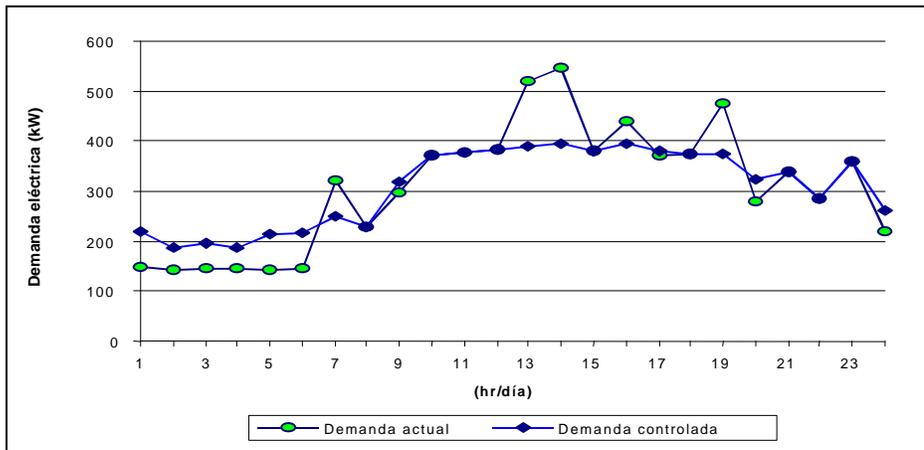
Como resultado de estas modificaciones, se puede reducir la demanda de potencia máxima de la empresa o mover cargas que operan en horas punta a los horarios normales y así reducir la facturación. (ver Cuadro N°1.3).

1.4.3 Generación y distribución de vapor

El medio más comúnmente empleado para proporcionar los requerimientos térmicos de las máquinas y procesos industriales, es el vapor generado en calderas.

⁴ Se recomienda revisar en detalle el D.S N° 632 de 2000 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Este Decreto se encuentra disponible en el sitio web de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles www.sec.cl

**CUADRO Nº 1.3:
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MANEJO DE LA DEMANDA**



Una vez que el vapor ha sido generado en la caldera pasa a través del sistema de distribución, que consta de tuberías, válvulas, trampas de vapor, etc., para ser finalmente entregado a los equipos y procesos consumidores de energía. El vapor se emplea para diversos fines: como fluido de proceso, para calentamiento de corrientes de proceso, para limpieza y barrido, para accionamiento de equipo mecánico, etc.

Entre los factores que afectan el rendimiento de una caldera de vapor y el sistema de distribución se destacan:

- o **Factores ligados a la combustión:** Entre los muchos factores ligados a la combustión (calidad del combustible, exceso de aire, temperatura de ingreso de aire de combustión, tamaño del hogar, etc.) sin duda el de mayor importancia es el exceso de aire, que implica pérdidas de energía porque es aire que luego de atravesar todo el sistema sin aportar nada es descargado a la atmósfera a la temperatura de los gases de escape. Es habitual que los operadores tiendan a hacer operar la caldera con bastante exceso de aire porque a mayor exceso de aire es más sencillo tener una combustión limpia y completa. Una buena caldera debe operar con no más de 15% de exceso de aire.
- o **Factores relacionados con la transferencia de calor:** La formación de hollín en los tubos provocada por la combustión incompleta y las incrustaciones calcáreas a causa de la mala calidad del agua dificultan la transferencia de calor y disminuye el rendimiento de la caldera. En general el primer síntoma de transferencia de calor pobre es el tener temperatura de humos excesivamente altas.
- o **Uso de accesorios térmicos:** Algunos accesorios, tales como el economizador, permite ahorrar importantes cantidades de energía. Los economizadores son intercambiadores de calor de gases de combustión/agua utilizados normalmente para calentar el agua que se reinyecta a la caldera.

- **Factores ligados a pérdidas de energía en la caldera y sistema:** El aislamiento térmico del sistema es un elemento esencial al momento de reducir pérdidas de energía. Sólo un metro cuadrado de tubería expuesta pierde de 1,5 a 2 kW de potencia térmica. Un buen aislamiento térmico debe ser durable, sencillo para instalar y remover y con protección externa. Otro factor fundamental es evitar las fugas de vapor en las líneas de distribución, especialmente con una buena mantención y operación de las trampas de vapor. La recuperación de condensado y el aislamiento térmico de sus líneas de retorno también son un aspecto básico de un buen sistema de vapor.
- **Fenómenos transientes:** Cada vez que un sistema se pone en marcha tiene que calentar todos los elementos sólidos (tubos, hogar, refractarios, red de cañerías) por lo que un sistema que tiene menos detenciones será más eficiente que uno que se detiene más veces.
- **Automatización de caldera:** Mientras más automatizada está una caldera y su operación, mejor tiende a ser su rendimiento, esto porque los sistemas modernos de control adecuan la razón aire/combustible en todo un rango de operación y modulan la potencia del quemador para ajustarse a la demanda real. El mayor costo inicial suele compensar ampliamente con ahorro de combustible, mantención y disponibilidad del equipo.

1.4.4

Sistemas motrices

Se entiende por sistemas motrices a los motores eléctricos usados como accionamiento de diversas cargas industriales. Los motores han tenido desarrollo notable en los últimos años en lo que se refiere a lograr unidades de alta eficiencia, especialmente los motores de inducción trifásicos que son los más usados en la industria (p. ej.: bombas, ventiladores, compresores, agitadoras, centrifugas, molinos, equipos de tracción, etc.) contribuyendo significativamente al ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica en las plantas que se han incorporado.

En el diseño de los "motores eficientes" se han reducido considerablemente las pérdidas de energía con respecto a los "motores estándar", obteniendo así mejores rendimientos. La mayor inversión que significa un motor de alta eficiencia se compensa ampliamente con la reducción de los costos de operación.

1.4.5

Sistemas de iluminación y aire acondicionado

Existen alternativas de ahorro de energía en los sistemas de iluminación y aire acondicionado, tanto en edificios administrativos u oficinas, como en plantas

industriales, que pueden ser implementadas sin afectar el confort ni la iluminación⁵ del lugar.

A continuación se indican algunas oportunidades para ahorrar energía en iluminación y aire acondicionado:

- **Preferir equipo eficiente:** Elegir equipos de alumbrado (luminarias, lámparas, ballast, etc.) y aire acondicionado de tipo eficiente y económico, por ejemplo preferir lámparas de descarga (fluorescentes, vapor de mercurio o vapor de sodio) a las lámparas incandescentes (normales o halógenas); instalar sensores de presencia en áreas de poca actividad (bodegas, estacionamientos, subestaciones, etc.) que enciendan la luz al detectar la presencia de personal; instalar termostatos.
- **Diseño eficiente:** Aprovechar la luz natural; pintar los espacios interiores con colores claros; usar iluminación directa en áreas donde se requiera; separar en varios circuitos con el fin de encender sólo los equipos que sean necesarios en determinado momento; reducir la altura de montaje excesiva de las luminarias; aislar la superficie exterior de los techos, ya sea con poliuretano o pinturas especiales, para reducir el consumo de energía eléctrica en aire acondicionado.
- **Medidas operativas:** aplicar medidas que usualmente el propio personal puede identificar y llevar a cabo, tales como realizar una buena limpieza de las lámparas y luminarias; desconexión de equipos ociosos; apagar la luz artificial cuando no se requiera; ajustar los niveles de iluminación y temperatura de las áreas comunes (pasillos, bodegas, estacionamientos, etc.); asegurar el buen estado de los aislamientos en tuberías y ductos para aire acondicionado, eliminando fugas de aire o pérdidas de calor.

1.4.6

Otras áreas donde se encuentran oportunidades

- **Gestión de mantención:** El mantenimiento tiene por objetivo mantener operativo los sistemas productivos y no repararlo una vez que haya fallado, ya que al ocurrir una falla los costos de operación de la empresa suben y la productividad baja. Además en general la falta de mantenimiento (rodamiento defectuoso, desbalance mecánico de piezas rotatorias, filtros sucios, etc.) es causa de un incremento del consumo de energía eléctrica o combustible.
- **Incorporación de instrumentos de medición:** Es importante incorporar instrumentos de medición de presión, temperatura, nivel, flujo, etc., que permitan conocer las variables críticas del proceso productivo con el fin de controlar su buena operación.

⁵ Los niveles mínimos de iluminación se establecen en el Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo (DS 594/2000).

- **Incorporación de dispositivos de electrónica de potencia:** Estos dispositivos permiten variar la frecuencia, el voltaje y el tipo de corriente con que opera un equipo, con gran precisión y en forma continua, lo que posibilita ajustar la operación del equipo al requerimiento exacto. Sin embargo, se deben tener presente los efectos indeseables de la contaminación armónica cuando se implementan estos dispositivos.
- **Automatización de procesos industriales:** La realización de un conjunto de tareas específicas sin la participación rutinaria directa del ser humano incide directamente en un uso más eficiente de los recursos utilizados.

1.5 Valorización de los residuos

La valorización de residuos consiste en aprovechar, de alguna manera, el valor que éstos poseen. Esta situación es la que diferencia los residuos (que pueden ser valorizados) de los desechos (que no tienen ningún tipo de valor). Sin embargo, esta distinción es dinámica en el tiempo, pues con el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos muchos de los desechos en la actualidad podrán ser valorizados en el futuro.

Es también necesario distinguir un residuo de un subproducto, en cambio, podemos decir que un subproducto posee un valor económico per se, en cambio un residuo sólo posee un valor económico potencial, que requiere de un proceso para ser obtenido.

□ Evaluación económica de la valorización de residuos

Al hacer una evaluación económica para la valorización de un residuo es necesario considerar todos los costos y beneficios de este proceso en relación con el uso de insumos, materias primas o combustibles tradicionales. Es un error considerar sólo el costo de los insumos sin tomar en cuenta el costo de la gestión integral de los residuos a valorizar.

Por ejemplo, si una empresa metalmecánica está evaluando el reciclaje de los residuos metálicos generados en la fabricación de sus productos, deberá comparar el costo de reciclar los residuos metálicos con el costo de comprar las materias primas más el costo del transporte y disposición final de estos residuos en un relleno sanitario para residuos industriales. En este ejemplo vemos que la conveniencia de realizar el reciclaje va a depender del costo que le signifique a la empresa la disposición final de éstos residuos, haciéndose cada vez más conveniente a medida que aumente el costo de transporte y de disposición final. La experiencia ha mostrado que, al volverse la normativa sobre transporte y disposición final de residuos más exigente, los costos de estas actividades aumentan progresivamente.

No obstante, muchas veces los costos de la disposición final no son absorbidos por el empresario que tomará la decisión de valorizar o no, por lo que una evaluación privada del tema no incorporará estos costos adicionales. Sólo una evaluación social de este proyecto arrojará los beneficios y costos que

tiene para la sociedad el hecho, por ejemplo, del transporte innecesario de materias primas y residuos no valorizados, el espacio en los vertederos y las externalidades respectivas de estas actividades.

Otro beneficio que puede incorporarse a esta evaluación se relaciona con las posibilidades de marketing que tiene el hecho de tener una actitud responsable y amigable con el medio ambiente. Muchas empresas hoy día realizan campañas de difusión con contenido ecológico para mejorar la imagen que tienen los consumidores de su marca o compañía.

A continuación analizaremos, las cuatro maneras básicas de valorizar los residuos: el reuso (o reutilización), el reciclaje, recuperación de materiales valiosos y la recuperación de energía.

1.5.1

Reutilización

La reutilización o reuso consiste en el aprovechamiento del producto sin cambiar su forma o naturaleza original, convirtiendo así el residuo en un insumo. Esta es la manera más eficiente de valorización de residuos, pues no requiere de tecnologías complejas ni de gasto energético, pero requiere que los residuos a ser reusados posean características semejantes u homologables. En esta reutilización puede o no modificarse la funcionalidad del producto original al ser reusado como residuo.

Algunos ejemplos de reutilización son: recarga de toners de impresoras, uso de botellas de licores o destilados de venta masiva para la venta de productos artesanales, uso de neumáticos para cercos en parques o plazas, o para defensa de taludes. En los dos primeros casos los residuos conservaron su funcionalidad, en cambio en el tercer ejemplo el residuo conservó su forma pero se utilizó para una finalidad diferente a la del producto original.

1.5.2

Reciclaje

El reciclaje consiste en la transformación de ciertos materiales en materia prima para procesos productivos, convirtiendo así el residuo en una materia prima. El reciclaje permite la valorización conjunta de una amplia gama de residuos, aunque todos ellos no posean exactamente las mismas características ni funcionalidad. Los principales materiales reciclables son: el metal, vidrio, papel, cartón y plástico.

Algunos ejemplos de reciclaje son: transformación de botellas y frascos en botellas nuevas, transformación de papel usado en papel nuevo y transformación de latas de bebidas en barras de aluminio. En cualquiera de estos procesos se requiere de energía para transformar estos residuos (materia prima) en productos nuevos, por lo que resulta menos eficiente que la reutilización, pero más conveniente que la fabricación de los productos a

partir de las materias primas tradicionales. Sin embargo, el reciclaje muchas veces no resulta económicamente conveniente, y para su éxito requiere de algún incentivo adicional (económico, moral, solidario, etc.).

La tendencia en países desarrollados indica un aumento sostenido y progresivo de la cantidad de residuos reciclados, principalmente gracias al desarrollo de un sistema de gestión integral de aquellos residuos que pueden ser reciclados, facilitando su segregación y gestión posterior.

1.5.3

Recuperación de materiales valiosos

La recuperación de materiales valiosos consiste en rescatar algunos materiales desde las corrientes de residuos gaseosos o líquidos o desde los residuos sólidos, cuyo valor supera el costo del proceso de recuperación. Este tipo de valorización es un buen ejemplo de que la producción limpia puede ir acompañada de un beneficio económico directo.

Algunos ejemplos de este tipo de recuperación son el cromo desde los residuos de curtiembres y la recuperación de metales trazas de alto valor desde residuos mineros.

1.5.4

Recuperación de energía

La recuperación de energía consiste en aprovechar el contenido energético de los residuos, la que puede ser utilizada posteriormente para calefacción o para generar electricidad o vapor.

Los residuos que pueden ser valorizados de esta manera deben poseer un alto contenido energético, como es el caso, por ejemplo, de residuos forestales, papeles y cartones, hidrocarburos (aceites y solventes), neumáticos, etc.

Es posible utilizar los residuos combustibles para generar energía en la misma empresa, usando calderas de recuperación de alta eficiencia, o enviando los residuos a una empresa autorizada, dedicadas especialmente a la recuperación de energía. En Chile existen empresas que utilizan residuos de hidrocarburos como combustible alternativo en calderas u hornos, otras que utilizan restos forestales para generar electricidad y vapor industrial y empresas cementeras que utilizan neumáticos como combustible alternativo en sus hornos.

Cualquiera sea el caso en que se usen residuos combustibles para generar energía, se debe tener mucho cuidado en no incinerar materiales con contenido halogénico o alto contenido de compuestos de azufre, y se deben implementar sistemas eficientes para el control de las emisiones gaseosas.

Por último, se debe tener presente que la reutilización de residuos también puede considerarse como una recuperación de energía, pues al ser reusado

un insumo se ahorra toda la energía necesaria para su elaboración, transporte y distribución.

1.6 Segregación de residuos sólidos

La segregación de los residuos se refiere a la separación de éstos (ya sean residuos sólidos, líquidos o gaseosos) con el fin de gestionar de forma independiente aquellos residuos de que posean características diferentes.

La segregación muchas veces es fundamental para determinar la conveniencia de realizar cualquier tipo de valorización, pues resulta altamente costoso reusar, reciclar o recuperar residuos con una composición heterogénea. De esta manera la segregación favorece la producción limpia en la empresa.

Por otra parte, cuando es necesario tratar los residuos, la segregación permite diseñar sistemas más eficientes de acuerdo a las características específicas de cada residuo. De esta forma se generan ahorros en los costos de capital, ya que las operaciones de tratamiento más sofisticadas se pueden llevar a cabo en equipos de menor capacidad y más baratos.

Cualquier tipo de segregación será siempre más conveniente hacerla en el lugar donde son generados los residuos. Aunque existen procesos fisicoquímicos para separar los diferentes componentes de los residuos sólidos (separación magnética, separación por tamaños, clasificación neumática, medios densos, contracorriente, etc.), una clasificación en el origen significará un costo muy inferior a cualquier tipo de proceso posterior.

Para su aplicación, se requiere la capacitación del personal involucrado y de un sistema de contenedores especiales, para almacenar por separado cada uno de los elementos a valorizar. Además de un sistema de cañerías, estanques y equipo de bombeo, en el caso de segregar corrientes líquidas.

Los costos asociados con las medidas de segregación, por lo general son cubiertos por los beneficios obtenidos a través de un manejo más eficiente de los residuos. Hay que recordar que uno de los principales beneficios de aplicar conceptos de producción limpia es que, en la gran mayoría de los casos, conlleva mayores ingresos y un aumento en la competitividad de las empresas.

La naturaleza de la segregación depende de factores económicos y de las características de los residuos. Entre las líneas residuales que se recomienda mantener separadas se encuentran:

- Las líneas contaminadas con sustancias peligrosas: tóxicas, patogénicas, corrosivas o explosivas (objetivo: gestión efectiva).
- Las corrientes de agua limpia o baja concentración de contaminantes (objetivo: reuso de aguas).
- Los materiales reciclables: el metal, vidrio, papel, cartón y plástico.

- Las líneas que contengan materiales valiosos que sean recuperables de aquellas que no lo sean (objetivo: recuperación de recursos).
- Las líneas que contengan material combustible, sin contenido halogénico o sulfuroso (objetivo: combustión y recuperación energética).
- Aquellos residuos con alto poder calorífico, como aceites y grasas, de aquellos residuos orgánicos o con una alta humedad (objetivo: obtener un combustible alternativo con un mayor contenido energético).
- Las corrientes líquidas de las líneas de residuos sólidos o líquidos con altas concentraciones de contaminantes (objetivo: tratar los residuos en forma concentrada).
- Los residuos con material orgánico biodegradable de los materiales recalcitrantes no-biodegradables (objetivo: facilitar tratamientos biológicos con bajos volúmenes).