

**GUIA DE EFICIENCIA
ENERGETICA**

**ACUERDO DE
PRODUCCIÓN LIMPIA:
SECTOR
METALMECANICAS Y
FUNDICIONES REGION DE
OHIGGINS**

**AEMET
JULIO 2012**



Preparado por



C y V Medioambiente Ltda.

CONTENIDOS

INTRODUCCION	3
1. DIAGNOSTICO DEL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y COMBUSTIBLE POR SECTOR.....	4
1.1 Empresas metalmecánicas.....	4
1.2 Empresas de fundición.....	5
2 AVANCES EN LOS SECTORES CONSIDERADOS	6
3 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y GESTIÓN DE LA ENERGÍA	8
3.1 Buenas prácticas	8
3.2 Incorporación de soluciones que implican mejoras tecnológicas	13
4 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CO ₂	24
5 CONCLUSIONES	25
6 BIBLIOGRAFIA	27
ANEXO 1 Tipos de luminarias	28

INTRODUCCION

La presente guía ha sido desarrollada en base a la información reportada en el diagnóstico inicial e informes de consumos de energía entregados por las instalaciones de las empresas del APL del Sector Metalmecánico y fundiciones de la Región de Ohiggins, considerando sus principales requerimientos de energía y combustibles, a fin de proponer alternativas de buenas prácticas o técnicas que permitan un uso eficiente de la energía apoyando la implementación de metas y acciones específicas del APL.

Los contenidos de la misma incluyen:

- Información de línea base de los consumos de electricidad y combustibles para las empresas del sector metalmecánicas y del sector fundiciones, incluyendo indicadores de consumo de energía eléctrica y combustibles para cada sector y periodos de demanda.
- Identificación de equipos que serían los principales demandantes de energía y su aporte de cada una de ellos al consumo global
- Recomendación de medidas para reducir el gasto en base a cambios en los procedimientos, reducción de tiempos de uso, mantenciones preventivas, o nuevas alternativas de tecnología, si procede, para cada uno de los sectores en evaluación., indicando sus ventajas, posibles limitaciones, costos y ahorros involucrados
- Incorporación del concepto de reducción de emisiones de CO₂ a través del uso de factores de emisión (energía eléctrica, combustible en equipos fijos y móviles).

1. DIAGNOSTICO DEL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y COMBUSTIBLE POR SECTOR

1.1 Empresas metalmecánicas

La principal fuente de energía utilizada es eléctrica, seguida por gas (menos de 3.900 Kg/año o 7.500 L/año) y petróleo diesel para vehículos (casi 60.000 L/año). La siguiente Tabla entrega el valor promedio de consumo de energía eléctrica por instalación en función de su tamaño y por ton de materia prima procesada. El consumo total anual reportado por 16 empresas fue cercano a 320.000 KWh consumidos el año 2010.

Tabla 1 Consumo promedio de energía eléctrica por tipo de instalación

Tamaño	Energía eléctrica (Kwh./año)	Energía eléctrica (Kwh./mes)	Consumo energía KWh/ton materia prima
Grandes	108.384	9.032	360
Medianas	33.730	2811	1000 a 1500
Pequeñas	9.013	751	200 a 510
Micro	3.527	294	40 a 150

Al considerar las empresas pequeñas, que corresponden al grupo más numeroso, el indicador promedio es de 270 kWh/ton materia prima con una desviación estándar de ± 160 .

El uso de gas es fundamentalmente para operaciones de oxicorte y su consumo es variable (desde 0 a 26 Kg/ton materia prima).

El consumo de energía eléctrica reportado es bastante variable, incluso dentro de un mismo tamaño de empresas, debido fundamentalmente al tipo y número de equipos y tareas que cada una de ellas, por lo que sólo se pueden identificar rangos de consumo.

El principal consumo lo presentan los equipos de proceso con un 82% promedio del consumo, seguidos de iluminación y equipos de oficinas con un 8% cada uno y finalmente calefacción con un 2%.

Aun cuando existe una gran variedad de equipos en las instalaciones, no todas presentan similar equipamiento. Sin embargo se determinó que los que presentan mayor demanda de energía eléctrica corresponderían a tornos, compresores y soldadoras tipo MIG (con porcentajes que varían en promedio entre el 20 y 40% del total del requerimiento eléctrico para los equipos).

No se verifican periodos definidos de mayor o menor demanda de energía en el año, ya que ello es totalmente dependiente de la carga de trabajo de cada instalación, en función de los requerimientos de sus clientes.

1.2 Empresas de fundición

En este sector también la fuente principal de energía es la eléctrica, utilizada en los hornos de inducción de las fundiciones ferrosas, seguida por un consumo bastante menor de petróleo diesel o gas, usados en unidades de tratamiento térmico. La Tabla 2 resume lo indicado, considerando los consumos totales informados para 5 empresas evaluadas, en tanto la Tabla 3 entrega valores promedio de consumo de energía eléctrica por instalación en función de su tamaño y por tonelada de producto procesado. El total anual reportado por 5 empresas fue cercano a 13.600.000 kWh consumidos el año 2010.

Tabla 2 Consumo anual totalizado de energía y combustible

Ítem	Petróleo (m ³ /año)	Gas (m ³ /año)	Energía eléctrica (Kwh./año)
Consumo total	1.815	1.540	13.581.000

Tabla 3 Consumo promedio de energía eléctrica por tipo de instalación (fundición ferrosa)

Tamaño	Energía eléctrica (Kwh./año)	Energía eléctrica (Kwh./mes)	Consumo energía (KWh)/ton materia prima
Grandes	12.000.000	1.000.000	600 a 700
Medianas	800.000 a 1.200.000	65.000 a 100.000	1.100 a 1600
Pequeñas	< 360.000	<30.000	500 a 600

El indicador promedio de consumo de energía eléctrica es de 1008 kWh/tonelada de materia prima, con una desviación estándar de ± 499 . Para petróleo el indicador varía entre 0,05 a 0,08 m³/ton y para el gas de 0,02 a 1,2 m³/ton.

El principal consumo de energía eléctrica lo presentan los hornos con un 97% promedio del consumo, seguidos de iluminación y equipos de oficinas con poco más del 1% cada uno. En el caso de combustible los principales demandantes son los equipos de tratamiento térmico como se indicó previamente.

No se verifican periodos definidos de mayor o menor demanda de energía en el año, ya que ello es totalmente dependiente de la carga de trabajo de cada instalación, en función de los requerimientos de sus clientes.

2 AVANCES EN LOS SECTORES CONSIDERADOS

Desde el punto de vista conceptual, la eficiencia energética no significa ahorro de energía, el cual está asociado a la disminución o restricción en el uso de un servicio o tecnología.

Eficiencia Energética (EE) - en cambio- se refiere a la minimización del insumo energético por unidad de producto, manteniendo la misma calidad o mejorándola. Se origina a partir de la disminución de las pérdidas de energía durante los procesos de conversión o transformación de un tipo de energía a otro.

Gracias a ella es posible producir un mismo o mayor volumen de bienes o de niveles de servicio, sin aumentar (o aumentando en una proporción menor) el consumo de energía.

Con la eficiencia energética, en consecuencia, no existe una disminución o restricción para el desarrollo de alguna actividad específica, como sí ocurre con el ahorro energético.

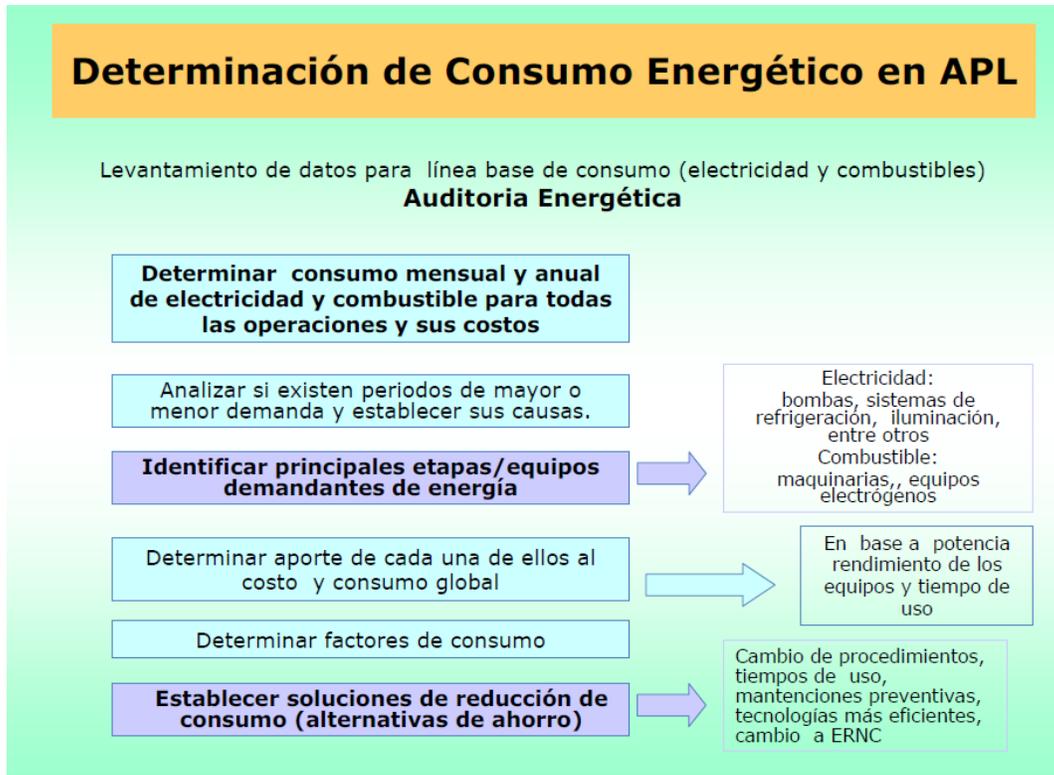


Basándose en lo expuesto previamente y lo observado inicialmente en la mayoría de las empresas se observa un escaso o nulo control del uso de la energía, no se mantienen registros de consumo, ni se evalúan las principales fuentes del gasto energético.

No obstante lo anterior, existen algunos avances que deben destacarse

- En el sector metalmecánicas, del total de instalaciones evaluadas, un 53% indica haber comenzado a incorporar sistemas de iluminación de bajo consumo (8 instalaciones), un 21% (4 instalaciones) ha implementado medidas de eficiencia energética, relacionadas con incorporación de procedimientos de uso programado de equipos o uso de motores más eficientes. Ninguna ha optado por fuentes de energía no convencionales.
- En el sector de fundiciones, dos de las 5 instalaciones evaluadas indican haber incorporado sistemas de iluminación de bajo consumo, pero solo una ha implementado medidas de eficiencia energética y ninguna ha optado por fuentes de energía no convencionales.

Dado lo anterior, un primer avance dentro de las empresas fue el desarrollar una evaluación detallada de su consumo energético considerando las primeras 4 etapas definidas en la figura siguiente.



En base a esta primera evaluación fue posible determinar las principales etapas y/o equipos demandantes de energía, para con ello comenzar a evaluar posteriormente sus factores o indicadores de consumo y las posibles soluciones que permitan reducir sus consumos sin alterar la calidad de sus productos y servicio.

Los indicadores de consumo permitirán determinar el grado de reducción de consumo de energía, antes y después de implementar las soluciones que mejor apliquen a la instalación.

Los indicadores a calcular dentro del APL incluyen:

- **Consumo de energía del proceso /ton materia prima o producto**
- **Consumo de combustible en el proceso/ ton materia prima o producto**

3 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y GESTIÓN DE LA ENERGÍA

Para la gestión de la energía es posible incorporar tanto medidas blandas como medidas duras. Las primeras apuntan a introducir buenas prácticas, normalmente mediante cambio de conductas e introducción de procedimientos apropiados. En tanto, las segundas apuntan generalmente a desarrollar inversiones orientadas a la compra de equipos más eficientes o de tecnología más avanzada

3.1 Buenas prácticas

La incorporación de buenas prácticas normalmente no requiere cambios tecnológicos y, por tanto, son técnicas que se incorporan en el proceso sin necesidad de cambiar ningún aspecto del mismo. Los costos de implementación son bajos (normalmente asociados a capacitación para incorporar procedimientos apropiados) en comparación con los ahorros que es posible lograr al optimizar el uso de la energía). Por lo anterior son medidas fáciles y rápidamente asumibles y de muy corto periodo de retorno..

Estas técnicas son aplicables a cualquier empresa, independiente de su tamaño. Entre ellas se pueden mencionar e identificar las siguientes

Buenas practicas generales	<ul style="list-style-type: none">• Procesar lo necesario y suficiente o programar ciclos de proceso adecuados.• Adquirir material con forma o dimensionado que evite procesos de corte o maquinado innecesario• Programar la producción para evitar el funcionamiento innecesario de equipos.• Reprogramar horarios de producción (fuera de punta) y/o generación propia en horas punta.• Evaluar posible cambio a tarifado más económico, según requerimientos• No hacer partir todos los equipos juntos al inicio de la jornada para evitar un pick de potencia demandada.• Verificar las condiciones de operación de los equipos y hacer las correcciones que sean necesarias.• Implementar programas de mantención preventiva a equipos en general.• Optimizar la ubicación de los equipos para evitar grandes distancias de transporte.• Llevar registros de los consumos por equipo.
-----------------------------------	--

A fin de ejemplificar más detalladamente las buenas prácticas identificadas previamente, a continuación se describen algunas de ellas.

- *Adquirir material en dimensión y forma que evite procesamiento innecesario*

La técnica se basa en buenas prácticas orientadas a la selección apropiada de materias primas, considerando la compra de materiales con el tamaño y la forma más parecida posible al de la pieza final. Por ejemplo, la utilización de barras del diámetro y la longitud apropiada o el uso de piezas huecas reducirá la cantidad de material a mecanizar y por lo tanto la energía necesaria para su procesamiento (además de reducir residuos).

Requiere de una evaluación previa respecto a las alternativas de materia prima existente en el mercado y si se deben establecer cambios en las operaciones del proceso. Como beneficios se logra una reducción en los tiempos y energía de mecanizado (estimado en cerca de un 20%), se reduce el consumo energético, de fluido de corte y la generación de residuos (recortes, virutas) entre otros.

La técnica, como muchas otras relacionadas a buenas prácticas, no tiene inversión asociada, salvo un potencial costo para desarrollar los estudios iniciales necesarios para su implementación, lo que puede cubrirse con personal propio y los ahorros logrados se determinan basados en la reducción del consumo de energía

- *Desarrollo de programas de mantención preventiva*

La técnica se basa en buenas prácticas orientadas al desarrollo de acciones de mantención preventiva en contraposición a la mantención correctiva (reparaciones), lo cual permite reducir fallas y tiempos muertos, aumentando la eficiencia del proceso, además de disminuir las pérdidas de energía por ineficiencia de los equipos.

El programa de mantención preventiva se basa en la experiencia de los operarios y la información histórica de los procesos, así como en los manuales de los equipos. Debe considerar objetivos y metas del programa, los equipos a incluir, parámetros y criterios de mantención, periodicidad de las evaluaciones, personal a cargo, procedimientos a aplicar, registros de evaluación y resultados y establecimiento de revisiones.

La técnica tiene una inversión asociada relacionada al desarrollo del programa, pero esta puede cubrirse con personal propio. Los ahorros logrados se determinan en base a mejorar la eficiencia y productividad y reducir los consumos de energía, a lo menos en un 5%.

Otras alternativas de buenas prácticas más específicas se detallan a continuación:

Buenas prácticas para motores eléctricos

- Evitar la operación en vacío de los motores.
- Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa incrementa las pérdidas por rozamiento y puede ocasionar daños mayores en el motor y en la carga.

- Corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en los terminales del motor, genera un incremento de la corriente, sobrecalentamiento y disminución de su eficacia. Las normas permiten una caída de tensión del 5%. Para ellos utiliza conductores correctamente dimensionados.
- Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe exceder en ningún caso en 5%.
- Mantener ajustado y en condiciones óptimas el interruptor de arranque de los motores monofásicos de fase partida. El mal funcionamiento de este accesorio provoca un sobre calentamiento en los conductores ocasionando significativas pérdidas de energía y fallos en el motor.
- Sustituir en los motores de rotor devanado, los reguladores con resistencias para el control de la velocidad, por reguladores electrónicos más eficientes, porque las resistencias llegan a consumir hasta un 20% de la potencia que el motor toma de la red.
- Instalar equipos de control de la temperatura del aceite de lubricación de cojinetes de motores de gran capacidad a fin de minimizar las pérdidas por fricción y elevar la eficacia.

Buenas prácticas para instalaciones eléctricas

Los conductores sobrecargados presentan temperaturas superiores a las normales. Esto produce pérdidas por calentamiento y el riesgo de producirse corto circuitos o incendio, por ello se recomienda:

- Revisar la temperatura de operación de los conductores. El calentamiento puede ser causado, entre otras por el calibre inadecuado de los conductores o por empalmes y conexiones mal efectuadas.
- La recomendación anterior se hace extensiva a los tableros de distribución, por tanto debe evitarse sobrecargar los circuitos derivados del mismo.
- Las conexiones flojas o inadecuadas aumentan las pérdidas de energía. Se debe efectuar un programa periódico de ajuste de conexiones y limpieza de contactos, bornes, entre otros.

Buenas prácticas para transformadores

Las principales medidas recomendadas en el uso de transformadores son las siguientes:

- Conocer la carga asociada al transformador para no sobrecargarlo, y así reducir las cargas en el Cobre.
- Evitar operar con transformadores a baja carga (menor al 20%), si es posible redistribuir las cargas, revisar el nivel y la rigidez dieléctrica del aceite cada 6 meses, con el fin de controlar la capacidad aislante y refrigerante del mismo.
- Realizar una limpieza periódica del transformador es decir superficie del tanque, aletas disipadoras de calor, bornes, etc.

- Medir con frecuencia la temperatura superficial del transformador, ella no debe ser superior a 55° C, de ser así debe revisarse el aceite dieléctrico

Buenas prácticas en los sistemas de iluminación

- Apagar las luces que no se necesiten.
- Evaluar la posibilidad de utilizar luz natural; instalando techos transparentes o similares.
- Usar colores claros en las paredes, muros y techos, ya que los colores oscuros absorben gran cantidad de luz y obligan a utilizar más lámparas.
- Instalar superficies reflectoras pues direccionan e incrementan la iluminación y posibilitan la reducción de lámparas en la luminaria.
- Utilizar balastos electrónicos, porque permiten ahorrar energía hasta un 10 % y corrige el factor de potencia, así como incrementa la vida útil de los fluorescentes.

Buenas prácticas para equipos de oficina

- Desarrollar mantenimiento preventivo a los aparatos que utilicen energía, ya sea eléctrica o calorífica, para evitar fugas y mal funcionamiento.
- Los computadores consumen hasta un 70% menos de electricidad cuando quedan con pantalla en negro en lugar de usar un protector de pantalla. Un computador de sobremesa consume 20W en stand by y su monitor unos 8W.
- Preferir pantallas LCD, ya que consumen 37% menos energía con respecto a equipos convencionales.
- Preferir equipos de oficina con certificación de eficiencia energética.
- No mantenerlas impresoras en stand by. Las impresoras a láser mantienen siempre el rodillo en caliente, consumiendo energía en forma constante.
- Ajustar los termostatos de los sistemas de acondicionamiento de aire en oficinas a no menos de 24° C en verano y no más de 20° C en invierno. Por cada grado que se disminuya o aumenta la temperatura, el consumo de energía del sistema de climatización aumenta aproximadamente en un 7%.
- Desenchufar aparatos en modo de espera o stand by al término de la jornada
- Evitar el uso de calefactores individuales.

Algunos ejemplos del consumo de diferentes modelos de equipos de computación se indican en la siguiente figura.

IMAGEN REFERENCIAL	CONSUMO *	OBSERVACIONES
Computador con pantalla CRT. 	140 W	La pantalla de este tipo de computadores consume aprox. 60 W y su CPU 90 W
Computador con pantalla LCD 	105 W	La pantalla de este tipo de computadores consumo aproximadamente 15 W y su CPU 90 W
Notebook (laptop) 	22 W	

* El consumo total de los computadores varía según su antigüedad, la capacidad del procesador, el tipo y tamaño de la pantalla. Sin embargo, los consumos descritos en esta tabla son suficientes para realizar estimación del consumo de energía

Fuente Guía **Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos** (www.acee.cl)

Buenas prácticas en el uso de vehículos

- Realizar Mantenimiento periódico de la flota de vehículos
- Realizar viajes planeados y fuera de las horas de congestión vehicular, en la medida de lo posible, o en rutas alternativas para evitar congestionamientos, así como rutas conocidas para disminuir el desplazamiento y ahorrar combustible
- Reducir los viajes para adquisición de insumos, aumentando la capacidad de carga de los vehículos, o bien mediante una adecuada programación de la adquisición de insumos.
- Favorecer el uso de vehículos de bajo consumo para el transporte de los recursos, material y personal, y hacer un mantenimiento adecuado de éstos.
- Considerar proveedores en las zonas aledañas al lugar de trabajo.

3.2 Incorporación de soluciones que implican mejoras tecnológicas

3.2.1 Motores eléctricos

Los motores eléctricos son máquinas encargadas de convertir la energía eléctrica en mecánica (generalmente suele ser un movimiento rotatorio en un eje) y su demanda energética puede ser elevada (fundamentalmente en los arranques de los equipos).. Estos motores son utilizados en sistemas de bombeo, climatización, correas transportadoras, sistemas de aire comprimido, maquinarias de corte, entre otros.

Para el caso de los motores eléctricos, la eficiencia relaciona la potencia de mecánica de salida y a la potencia eléctrica de entrada. No toda la potencia eléctrica se transforma potencia mecánica, ya que entre la entrada y la salida se producen pérdidas. Es por ello que la eficiencia es equivalente a:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia de salida} - \text{pérdidas}}{\text{Potencia de entrada}}$$

Las siguientes medidas se proponen con el fin de optimizar el ahorro energético:

- **Utilización de motores de alto rendimiento**

Con el propósito de que el usuario pueda decidir qué motor es más adecuado para una determinada aplicación, se han desarrollado normas de ensayo, clasificación y etiquetado de eficiencia de motores eléctricos. Las normas de ensayo permiten probar los motores bajo condiciones normalizadas. Las normas de clasificación de eficiencia energética establecen categorías de eficiencia, considerando la eficiencia nominal de un determinado modelo de motor y sus características más importantes, tales como potencia y frecuencia nominal o número de polos. Las normas de etiquetado de eficiencia energética permiten que el motor sea rotulado con una etiqueta donde conste su categoría de eficiencia.

La norma de ensayo internacional actualmente vigente es la IEC 60034-2-1, publicada el 10 de septiembre de 2007. Esta norma constituye la base de armonización de las diferentes normas de clasificación y etiquetado, permitiendo que se emplee una norma única. En Chile se sigue la tendencia de armonización en un estándar internacional único basado en la norma 60034-2-1 para los ensayos y la norma IEC 60034-30 para la clasificación en categorías de eficiencia energética. Las particularidades nacionales se refieren principalmente al diseño de la etiqueta –que es similar al de las normas de clasificación y etiquetado de otros productos nacionales.



A medida que crece el tamaño del motor, la diferencia de eficiencia eléctrica entre los diferentes modelos disminuye. Por ejemplo, en un motor de 0,75kW, la diferencia de eficiencia entre un motor estándar y uno eficiente puede ser mayor a un 10%. Sin embargo, en el caso de un motor de 45kW, esta diferencia es sólo de un 3%. En motores mayores, esta diferencia sigue bajando.

En la siguiente tabla se comparan los ahorros de energía considerando motores de similares características pero que difieren en su eficiencia. Para el cálculo del uso anual de energía se consideraron 10 motores trifásicos tipo jaula de ardilla de 0.75 kW (1 HP) de potencia, trabajando durante 12 horas, 6 días a la semana y con una vida útil de 10 años.

Ejemplo de ahorro de energía			
Situación	Actual	Recomendada	Mejor opción
Cantidad de motores	10	10	10
Número de Polos	4	4	4
Frecuencia	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Potencia	0,75 kW	0,75 kW	0,75 kW
Rendimiento	72%	81%	84%
Consumo de energía anual	38.466,6 [kWh]	34.197,8 [kWh]	33.017,1 [kWh]
Costo anual de energía asociado	\$ 2.884.993	\$ 2.564.834	\$ 2.476.286
Ahorro costos de energía anual	\$ 0	\$ 320.160	\$ 408.707
Ahorros vida útil	\$ 0	\$ 3.201.595	\$ 4.087.074

(Costo de energía calculado considerando un valor de 75 \$/kWh). Fuente: Asimet 2008

• **Adecuación de los motores a la potencia necesaria:**

El dimensionamiento de los motores es muy importante. El rendimiento máximo se consigue entre el 75 % y 85 % de la carga nominal, a cargas menores, el rendimiento disminuye de forma importante, con lo que hay que evitar los sobredimensionamientos.

El empleo indiscriminado de coeficientes de seguridad da lugar a motores excesivamente sobredimensionados que generan consumos innecesarios. En estos casos conviene instalar variadores de frecuencia cuando cambian, por ejemplo, los flujos de aire que maneja una bomba. También se pueden instalar en ventiladores, de acuerdo a los flujos de aire que se desean utilizar o para reducir la potencia de arranque en equipos con muchos ciclos de arranque-parada.

SOBREDIMENSIONAR MOTORES PRODUCIRÁ QUE ESTOS TRABAJEN A BAJA CARGA Y POR LO TANTO POSEERÁN MENORES NIVELES DE EFICIENCIA ELÉCTRICA Y DE FACTOR DE POTENCIA

La siguiente tabla compara los consumos de un motor sobredimensionado y uno correctamente dimensionado.

Motor	Sobre dimensionado	Correctamentedimensionado
Polos	4	4
Frecuencia [Hz]	50	50
Potencia Nominal [kW]	45	18,5
Potencia medida [kW]	21,9	18,5
Carga [%]	30%	100%
Rendimiento [%]	86%	93%
Consumo de energía [kWh]	119.355	100.825
Ahorro de energía [kWh]	18.530	
Ahorro costos \$	1.389.750	

(Costo de energía calculado considerando un valor de 75 \$/kWh). Fuente: Asimet 2008

- **Emplear motores de dos velocidades cuando hay dos regímenes de carga:**

Este tipo de motores son de aplicación cuando los flujos a regular tienen un nivel de caudal a plena carga (100%) y otro nivel de caudal mitad (50 %). En este caso la inversión es mucho menor que en el caso anterior (variador de frecuencia), pues se limita a un motor de dos velocidades y a un contactor adicional.

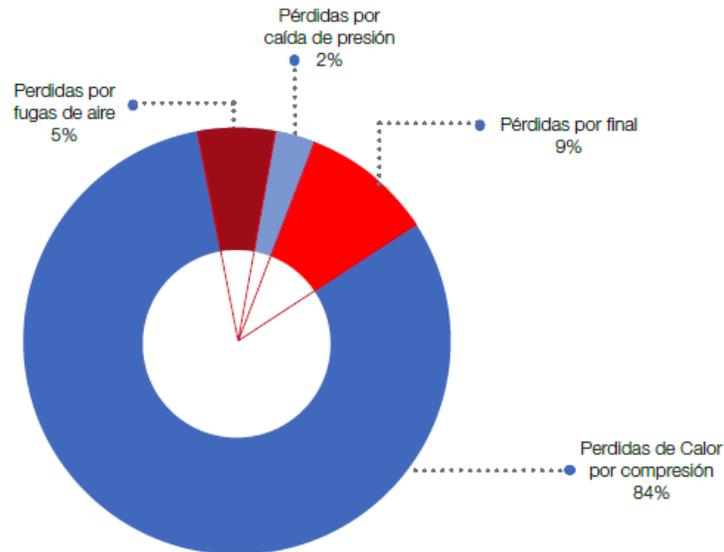
3.2.2 Compresores

El aire comprimido es una forma de energía de gran utilidad, con diversas aplicaciones. La obtención de una presión de aire considerablemente mayor que la presión atmosférica se lleva a cabo en compresores de aire, donde la energía mecánica se transforma en energía de presión y cinética para el aire.

Un sistema de aire comprimido considera:

- Un área de generación (sala de compresores).
- Un sistema de distribución.
- Uso final en máquinas u otros dispositivos.

La siguiente figura presenta un balance de energía típico de las pérdidas de un sistema de aire comprimido. Las mayores pérdidas se producen en la compresión del aire, que corresponde al calor de compresión



Fuente: Asimet 2008

Algunos índices de referencia para medir la producción de aire comprimido son:

- Eficiencia de compresión: energía que se consume para generar un m^3 de aire, kWh/m^3 .
- Consumo específico: cuánto aire comprimido utilizado por cantidad de producto, m^3/ton .

Además, la eficiencia global del sistema de aire comprimido puede ser mejorada empleando las siguientes medidas:

- Encontrar y reparar las fugas.

- Emplear motores de alta eficiencia e inversores para cambiar las frecuencias y amplitudes del voltaje.
- Seleccionar el compresor óptimo para la operación requerida (no sobredimensionar).
- Mejorar la fase de compresión del aire (por ejemplo empleando compresores multietapa).
- Emplear el calor expulsado en otros procesos.
- Mejorar la purificación del aire (mediante filtros o deshumidificador).
- Reducir la presión de salida si es posible.
- Identificar las zonas con grandes caídas de presión para tratar de minimizar las pérdidas de energía.
- Realizar un mantenimiento adecuado a los equipos.
- Mejorar el flujo de aire en las tuberías para tratar de evitar las pérdidas de presión por fricción.
- Evitar los usos innecesarios de los equipos

Las alternativas de mejora de la eficiencia en un sistema de aire comprimido aplican tanto en su generación, distribución y uso final. La tabla siguiente entrega estimaciones de mejoras de eficiencia al incorporar diversas medidas como las indicadas previamente.

Medidas de uso eficiente	Ganancias posibles
Reducción de pérdidas de aire	20%
Optimización de uso final	40%
Recuperación de calor	20%
Motores de alta eficiencia	2%
Variadores de velocidad	15%
Cambio de compresores	7%
Sistemas de control más sofisticados	12%
Mejoras en el enfriamiento, filtrado y secado del aire	5%
Reducción de pérdidas por disminución de presión	3%
Cambio de filtros	3%

Cuanto mas baja sea la temperatura de aspiración de un compresor, menor será la energía necesaria para su compresión. Solo a modo indicativo, se puede afirmar que por cada 4°C de aumento en la temperatura del aire de aspiración, el consumo de energía aumenta en 1% para obtener el mismo volumen generado.

EVITAR QUE UN COMPRESOR ASPIRE AIRE DE ZONAS QUE ESTÉN A TEMPERATURAS MÁS ELEVADAS QUE LA TEMPERATURA EXTERIOR

Considerando que en una empresa se presenta la siguiente situación:

- Existe un compresor alternativo que aspira aire de la sala de máquinas.
- La temperatura del aire al interior de la sala de máquinas es de 41°C.
- La temperatura exterior es de 31°C.

Se pueden inferir los siguientes resultados:

- La potencia de sobre consumo por operar a 41°C es de casi un 7%, con respecto a una referencia de 20°C.
- La potencia de sobre consumo por operar a 31°C es de un 3,5%, con respecto a una referencia de 20°C.

- La diferencia de sobre consumo es de 3,5%, es decir existe un ahorro potencial de 3,5% en el consumo de energía eléctrica si se aspira a 31°C.
- El motor es de 150kW, con una potencia media de uso de 120kW, operando 11 horas por día y 24 días por mes.
- Se propone instalar un ducto de aspiración, uniendo el filtro primario con el exterior de la sala de máquinas.
- El ahorro potencial se estima en 1.100kWh/mes y en unos \$80.000/mes.

Es importante destacar que estos ahorros pueden ser mayores en meses de invierno.

3.2.3 Equipos de Soldadura

Los procesos de soldaduras son muy comunes en el sector metalmecánico. Hay muchas innovaciones recientes que hacen la soldadura mas eficiente energéticamente, incluyendo el uso de inversores en lugar de transformadores con rectificadores; monitorización, control y compensación de las variaciones del parámetro de soldadura para optimizar la potencia requerida para soldar.

Por lo anterior se debe evaluar la eficiencia del sistema actual de soldadura empleado, y los disponibles actualmente, evaluando el ahorro energético conseguido y considerando la inversión a realizar/ amortización.

A menudo, los costos en energía son equivocadamente asumidos como una pequeña porción de los costos de soldadura. Sin embargo, una baja eficiencia en la fuente de poder consume cantidades innecesarias de energía adicional, lo que produce costos que se podrían evitar si se elige un equipo apropiado.

La eficiencia típica de una fuente de poder para soldadura al arco es de 75-85%.. La soldadura al arco no es un proceso continuo y cuando la máquina está encendida, pero no en uso, el equipo tiene pérdidas por circuito abierto.

El antiguo convertidor rotatorio de estos equipos podría perder más de 1 KW, mientras que los más grandes podrían perder entre 300-400 W. Los inversores modernos pueden perder menos de 50W.



Si el transformador del equipo tiene un bajo factor de potencia, se puede mejorar por capacitores de compensación de fase. En todo caso, para la industria es indispensable escoger la tecnología adecuada que mejore la eficiencia energética, así como también la calidad del producto final

3.2.4 Hornos y Equipos de tratamiento térmico

Los hornos y equipos térmicos se emplean en el sector en diversidad de procesos como: moldear, fundir, quemar o calcinar diferentes piezas o sustancias.

El empleo de paredes refractarias ayuda a reducir el consumo de energías en los hornos. Éstas son módulos porosos ubicados en los canales de combustión donde son calentados por los gases calientes. El calor contenido en los módulos es irradiado de nuevo sobre el horno. Empleando las paredes refractarias se pueden conseguir ahorros reales de entre el 2 y el 5 %, y al mismo tiempo se mejora el funcionamiento del horno.

Un punto crítico en los hornos y equipos de tratamiento térmico que debe analizarse es la entrada y salida de los productos a procesar, ya que en muchos casos se pierde una gran cantidad de calor (energía) en las aperturas de estos equipos. Se deben minimizar las aperturas de los hornos para evitar la disipación de calor por la planta

De un mismo modo se debe optimizar la temperatura de los hornos al proceso requerido, es decir, no es necesario el mismo tiempo y temperatura de procesado en un horno para una pieza de 20 centímetros, que para una pieza de 2 metros. Al reducir el tiempo de permanencia de la pieza en el horno o reduciendo la temperatura, conseguiremos reducir la demanda energética.

El calor expulsado por los hornos y calderas industriales debe ser empleado en otros procesos siempre que sea posible, estos procesos pueden ser: agua caliente sanitaria, precalentamiento de aire para otros procesos, etc.

Para optimizar la eficiencia energética en el procesado de metal se pueden tomar las siguientes medidas:

- Optimizar los procesos; por ejemplo apagando las máquinas en periodos de no producción.
- Aislar equipos y tuberías y ajustarlas para prevenir pérdidas de calor.
- Reutilizar el calor expulsado de los hornos y calderas.
- Emplear hornos de frecuencia media para procesos de endurecimiento.
- Emplear procesos de inducción para el calentamiento de aceros

3.2.5 Sistemas de Iluminación

Los sistemas de iluminación presentan buenas oportunidades de implementar soluciones de eficiencia energética. Estas son aplicadas localmente y normalmente no es necesario intervenir mayormente las instalaciones.

Las inversiones asociadas a los sistemas de iluminación son recuperadas generalmente en un plazo de entre tres meses y dos años. Esto dependerá directamente de la cantidad de horas de uso y del tipo de tecnología sugerida para el cambio.

El mantenimiento del sistema de iluminación de un taller o empresa es de gran importancia para el buen funcionamiento de éste. Si las lámparas y las luminarias están sucias, disminuye la emisión de luz y aumenta la temperatura de las lámparas, lo que repercute de manera negativa en el rendimiento luminoso así como en la vida de las mismas. Las medidas a tomar dependerán de si la instalación es nueva o si ya está en funcionamiento.



Instalaciones nuevas

- **Elegir el tipo de lámparas adecuado para cada aplicación:**

Habitualmente un rendimiento de color alto implica un rendimiento luminoso¹ más bajo, por lo que, como primera medida, se debe definir el tipo de alumbrado que requiere, poniendo énfasis en las relaciones de brillo, deslumbramiento directo, reflectancias y acabado de paredes, suelos, elementos estructurales y máquinas. La importancia de estos factores varía de acuerdo al uso y duración de las actividades a realizar.

- **Fijar el nivel de iluminación adecuado a la actividad, de acuerdo a la normativa vigente:**

Cada tipo de lámpara presenta características propias de eficacia luminosa (relación entre el flujo luminoso de la fuente de luz y la potencia suministrada a ella, expresada en lm/W^2) y duración promedio.

Características de las lámparas más representativas de cada tipo

Lámpara	Potencia (W)	Eficacia (lm/W)	Vida Útil (horas)
Incandescente Convencional	100	15	1000
Incandescente Halógena lineal	300	18	2000
Incandescente Halógena Reflectora	100	15	2500
Incandescente Halógena de baja tensión	50	18	3000
Fluorescente Lineal T5 alta frecuencia	28	104	12000
Fluorescente lineal T8 alta frecuencia	32	75	12000
Fluorescente compacta	36	80	12000
Fluorescente compacta doble	26	70	12000
Vapor de mercurio	125	50	16000
Mercurio halogenado (baja potencia)	100	80	12000
Mercurio halogenado (alta potencia)	400	85	16000
Sodio de alta presión (baja potencia)	70	90	16000
Sodio de alta presión (alta potencia)	250	104	16000

Fuente: IES, 2000

Las lámparas de haluro metálico y los tubos fluorescentes también poseen buenos rendimientos luminosos y además, poseen una buena reproducción de color. Estos son aplicados principalmente en ambientes interiores

¹ **Rendimiento luminoso:** Corresponde a la razón entre el flujo luminoso y la potencia que consume una lámpara. Representa la cantidad de luz que es capaz de entregar cada vatio de consumo.

² **Lumen [lm]:** Es la cantidad de luz (flujo luminoso) que es capaz de emitir una lámpara bajo condiciones determinadas

LÁMPARA	IMÁGENES DE LOS TIPOS DE LÁMPARAS		CARACTERÍSTICAS
Incandescentes y halógenos (menos eficientes)	Incandescente R-80 	Incandescente PAR-38 	Su rango de potencia varía entre 25 y 150 W. Son las lámparas que consumen una mayor cantidad de energía. La mayor parte de su energía es liberada en forma de calor Poseen menor rendimiento
	Incandescente común 	Dicroico 	
	Halógeno 	Halógeno 	
Lámparas fluorescentes compactas (mas eficientes)	Lámpara LFC tradicional 	Lámpara LFC tradicional 	Su rango de potencia varía entre 7 y 23 W. Son las encargadas de reemplazar a las incandescentes, La mayor cantidad de energía es trasformada en luz. Poseen mayor rendimiento
	Imita forma de las incandescentes 	Imita forma de las incandescentes 	
Tubos Fluorescentes (mas eficientes)	Tecnología T-10 (menor rendimiento) 	Tecnología T-8 (aceptable rendimiento) 	Su potencia varía entre 14 y 120 W Dentro de las lámparas son las más eficientes. Su nombre proviene de la medida de su diámetro en octavos de pulgada, por ejemplo, T-10 quiere decir que tiene un diámetro de 10/8 de pulgada. Su longitud varía entre 0,5 m y 1,5 m
	Tecnología T-5 (mejor rendimiento) 	T-10 Menos eficiente	

Fuente Guía Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos (www.acee.cl)

LUMINARIAS CON DIFUSOR Menos eficientes	LUMINARIAS CON REFLECTOR Eficiente
	
<p>En estas luminarias la luz no es utilizada de manera eficiente, ya que parte de ella se pierde en el proceso de difusión.</p>	<p>En estas luminarias la luz es utilizada de manera eficiente, ya que ellas cuentan con un reflector, el cual dirige los rayos de luz hacia el plano de trabajo.</p>

Fuente Guía Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos (www.acee.cl)

• **Seleccionar las luminarias más adecuadas:** Para la selección de las luminarias más adecuadas al tipo de lámparas y a los lugares donde se vayan a instalar, se debe tener en cuenta factores como:

- Grado de ensuciamiento del lugar.
- Temperaturas del mismo.
- Altura de la instalación.
- Necesidades controlar el deslumbramiento.
- Horas de uso.

En el Anexo 1 se entregan mayores antecedentes de los principales tipos de luminarias.

Instalaciones existentes

• **Aprovechar la luz natural:**

Es importante promover el aprovechamiento de la luz natural, mantener aseadas ventanas como primera acción en instalaciones existentes.

• **Ajustar los niveles de iluminación:**

Se debe ajustar los niveles de iluminación dependiendo de las actividades y necesidades que se desarrollan efectivamente en cada espacio. Por ejemplo, se recomienda instalar sistemas con sensor de movimiento para lugares de poco tránsito (la iluminación con sensor de movimiento puede reducir el consumo de energía promedio en dicho espacio en un 33%).

• **Emplear un número de interruptores adecuado (redistribución y separación de circuitos de alumbrado):**

El contar con circuitos separados y un número de interruptores adecuado evita el consumo innecesario de energía eléctrica, ya que puede darse el caso de que se esté iluminando toda una superficie y que sólo se necesite iluminar parte de ésta. Con ello se pueden lograr reducciones de consumo del 5 al 10%.

• **Sustituir las lámparas de bajo rendimiento luminoso, por otras de mayor eficiencia:**

Antes de proceder a esta sustitución debe considerarse el régimen de funcionamiento de las lámparas, tales como el número de horas, los encendidos y apagados, y así evaluar el período de amortización de esta sustitución.

LUMINARIAS ACTUALES		LUMINARIAS PROPUESTAS	
Imagen	Potencia de la luminaria	Imagen	Potencia de la luminaria
	144 [W]	Luminaria con reflector, dos tubos fluorescentes de tipo T-5 de 28 W y balasto electrónico 	61 [W]
	96 [W]	Este tipo de lámpara ya es eficiente, por esto no se propondrá cambio alguno	
	100 [W]	Lámpara de ahorro de energía. 	20 [W]
	20 [W]	Este tipo de lámpara ya es eficiente, por esto no se propondrá cambio alguno	
	150 [W]	Lámpara fluorescente compacta que imita la forma de su equivalente en incandescente 	23 [W]
Lámpara halógena 	500 [W]	Haluro metálico que imita la forma de una lámpara halógena 	150 [W]

Fuente Guía Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos (www.acee.cl)

Por ejemplo, las lámparas fluorescentes pueden cubrir casi todas las necesidades, con índices de aprovechamiento energético muy altos. En este tipo de lámparas se recomiendan los modelos T-5 o T-8. Los T-8 utilizan los mismos sockets y cuestan igual que los convencionales T-12, pero consumen 4W menos, lo que significa un ahorro económico de 10% en la facturación. Los T-5 pueden ser 20% más eficientes que los T-8.

La siguiente tabla indica algunas recomendaciones de sustitución de luminarias.

Recomendaciones de EE	
Situación actual	Recomendación
Incandescente 300 W	Haluro Metálico 70 W
Incandescente 250 W	Haluro Metálico 70 W
Incandescente 200 W	Haluro Metálico 70 W
Mixta 160 W (ambiente interno)	Haluro Metálico 70 W
Mixta 160 W (ambiente externo)	Vapor de Sodio 70 W
Mixta 250 W (ambiente interno)	Haluro Metálico 70 W
Mixta 250 W (ambiente externo)	Vapor de Sodio 70 W
Mixta 500 W (ambiente interno)	Haluro Metálico 250 W
Mixta 500 W (ambiente externo)	Vapor de Sodio 150 W
Vapor de Mercurio 80 W	Vapor de Sodio 70 W
Vapor de Mercurio 125 W	Vapor de Sodio 70 W
Vapor de Mercurio 250 W	Vapor de Sodio 150 W
Vapor de Mercurio 400 W	Vapor de Sodio 250 W
Halógena 100 W	Fluorescente Compacta 23 W
Halógena 150 W	Fluorescente Compacta 2x20
Halógena 300 W	Haluro Metálico 70 W
Halógena 500 W	Haluro Metálico 150 W

Fuente: Asimet 2008

Al comparar una luminaria halógena, comúnmente usada en talleres metalmeccánicos con una de haluro metálico, se determinan los siguientes resultados en cuanto a consumos de energía y costos asociados.

Ejemplo ahorro de energía		
Situación	Actual	Recomendada
Tipo de lámpara	Halógena 300 W	Haluro Metálico 70 W
Flujo luminoso lámpara	10.500	11.400
Potencia entrada	500 W	150 W
Consumo de energía anual	1849 kWh	555 kWh
Costo anual de energía asociado	\$ 138.672	\$ 41.602
Rendimiento luminoso	21,0 lm/W	76,0 lm/W
Ahorro costos de energía	\$ 0	\$ 97.070
Vida útil	3.000 hrs	9.000 hrs

(Operación 12 horas por 6 días a la semana. Costo de energía calculado considerando un valor de 75 \$/KWh).

Fuente: Asimet 2008

4 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CO₂

Las actividades ligadas al uso de combustibles fósiles y energía son factores que generan emisiones de diversos gases de efecto invernadero (**GEI**), hacia la atmósfera, tales como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y dióxido de nitrógeno (N₂O), por mencionar algunos.

El incremento de estos gases ha causado un aumento en la capacidad de la atmósfera para retener la radiación infrarroja proveniente de la superficie del planeta, aumentando la temperatura global de la misma. Esta situación ha llevado, en los últimos años, al desarrollo de regulaciones específicas y herramientas que permiten cuantificar el efecto y aporte de distintas actividades a la generación de GEI, a fin de definir soluciones que permitan su reducción o mitigación.

Una herramienta relevante para avanzar en este aspecto es la determinación de la huella de carbono (“Carbon Footprint”), la cual permite cuantificar la presión ejercida por las actividades humanas sobre los ecosistemas encargados de la remoción y almacenamiento de carbono (biosfera y atmósfera respectivamente), en términos de la generación de gases de efecto invernadero, medidos en **unidades de dióxido de carbono equivalente**.

El cálculo de la huella de carbono considera inicialmente la definición de los límites de la organización y las operaciones a evaluar. Luego se debe cuantificar todos los consumos de insumos y energía que inciden dentro del proceso. **Estos valores de consumo se transforman en datos de generación de carbono equivalente multiplicando cada uno por su factor de emisión correspondiente**³.

Los factores de emisión permiten estimar las emisiones de GEI a partir de datos de consumo como toneladas de combustible, o KWh consumidos, de acuerdo al ámbito de esta guía.

Ejemplo de cálculo de emisiones de CO₂

Tipo de energía	Consumo anual	Factor de emisión	Emisión de CO ₂ (ton/año)
Eléctrica	10.000 kWh	0,5 Kg CO _{2eq} /kWh (1)	(10.000 x 0,5)/1000= 5
Gas Natural	200 m ³	2,15 Kg CO _{2eq} /Nm ³	(200 x 2,15)/1000= 0,43
Gas Licuado	200 Kg	2,96 Kg CO _{2eq} /Kg	(200 x 2,96)/1000= 0,592
Diesel (equipos fijos)	1.000 L	2,73 Kg CO _{2eq} /L (1)	(1.000 x 2,73)/1000= 2,73
Diesel (equipos móviles)	3.000 L	2,67 Kg CO _{2eq} /L (1)	(3.000 x 2,67)/1000= 8,01

Fuente: (1) Deuman 2010, (2) ACEE

³ En los siguientes links se pueden encontrar valores internacionales para estos factores:

www.ipcc.ch

www.ghgprotocol.org

www.cehi-hils.org.uk/carbon-offset-codepractice.pdf

<http://shop.bsigroup.com/en/Browse-by-Sector/Energy--Utilities/PAS-2050/>

5 CONCLUSIONES

La guía recomienda una serie de medidas que permiten reducir consumos de energía en varios puntos de las instalaciones, entre las que se cuentan:

a) Eliminar pérdidas, para disminuir la demanda energética de nuestras instalaciones, y aumentar la eficiencia en los distintos procesos. Para ello se deben evaluar los resultados de las mediciones en los siguientes equipos y sistemas:

- Alumbrado, ventiladores, bombas, hornos, maquinaria de extrusión, punzonamiento, laminado, entre otros...
- Detectar fugas de aire comprimido, agua, entre otros.
- Aislamiento de conductos y cerramientos para evitar la disipación de energía por puentes térmicos.

b) Disminuir condiciones de operación, de tal manera que se consiga trabajar en el punto óptimo de funcionamiento. Los elementos fabricados tendrán las mismas calidades y propiedades, pero los consumos energéticos se verán reducidos; para lograr esto se debe actuar sobre los siguientes puntos:

- Temperaturas, caudales...
- Presiones de aire comprimido
- Caudales en circuitos de bombas y ventiladores

c) Controlar las salidas y entradas de aire, ya que en estos puntos se produce una gran pérdida de energía (Esto debe realizarse fundamentalmente en los hornos, zonas climatizadas, entre otros).

d) Utilización de calores residuales en los gases calientes de procesos térmicos.

e) Sustitución de equipos de bajo rendimiento por otros más eficientes.

f) El mantenimiento preventivo permite, siempre que se realice de forma adecuada que todos los equipos trabajen en las condiciones idóneas de trabajo, y al mismo tiempo reduce el costo en futuras reparaciones que se producen por un uso incorrecto de los equipos. Los principales elementos a revisar son:

- Filtros, aceites y grasas
- Limpiar intercambiadores
- Condiciones de uso de motores
- Optimizar rendimientos de combustión

g) Tecnología; Se debe analizar si hay disponibles en el mercado equipos similares a los que ya existen en las instalaciones pero que pueden realizar el mismo trabajo reduciendo el consumo energético:

- Cambiar iluminación (lámparas de alta eficiencia, balastos electrónicos...)
- Equipos de alta eficiencia (calderas, motores,)

Empleando estas medidas se pueden conseguir tres tipos de ahorro:

Ahorro de consumo de energía: independientemente del tipo de energía (eléctrica, gas o petróleo), el pago es linealmente proporcional al consumo de energía, por lo cual un ahorro en el consumo de energía, conlleva un ahorro en la factura. Todas las reutilizaciones de energía de unos procesos a otros y los aumentos de rendimiento de motores o instalaciones también conllevan un ahorro en la energía consumida.

Disminución de la potencia demandada: al disminuir la potencia necesaria para el funcionamiento de las instalaciones, se puede reducir la potencia contratada con la empresa suministradora con el consiguiente ahorro económico.

Ahorro en la compra /sustitución de equipos: Al hacer funcionar los distintos equipos en un punto óptimo, junto a un buen mantenimiento preventivo, se consigue aumentar la vida útil de estos, reduciendo las inversiones en sustitución y reparación.

6 BIBLIOGRAFIA

ACEE a Guía de consejos prácticos para el uso eficiente de la energía (www.acee.cl)

ACEE b Guía Eficiencia Energética para Establecimientos Educativos (www.acee.cl)

AEMET. Diagnóstico base APL Metalmecánicas y Fundiciones Región de O'Higgins.

ASIMET 2008. Manual para la Gestión de la Energía en la Industria Metal Mecánica.

DEUMAN 2010. Curso Gestión en Cambio Climático. La Huella de Carbono.

ELI. 2000 (a). Manual de Iluminación Eficiente. Capítulo 7: Fuentes Luminosas. Efficient Lighting Initiative Argentina.

FEMEVAL La eficiencia Energética en el sector metalmecánico. Guía de Buenas Prácticas. España.

IES, 2000. The IESNA Lighting Handbook. 9th Edition. Illuminating Engineering Society North America.

Ministerio Medio Ambiente - CyV Medioambiente, 2010. Diagnóstico producción, importación y distribución de equipos de informática y comunicaciones, aparatos eléctricos y alumbrado y el manejo de los productos post-consumo.

ANEXO 1 Tipos de luminarias

Actualmente existe una amplia gama de fuentes luminosas artificiales disponibles en el mercado. Una primer forma de clasificarlas es según el fenómeno involucrado en la generación de luz: incandescencia o luminiscencia, tal como se muestra en la figura siguiente.

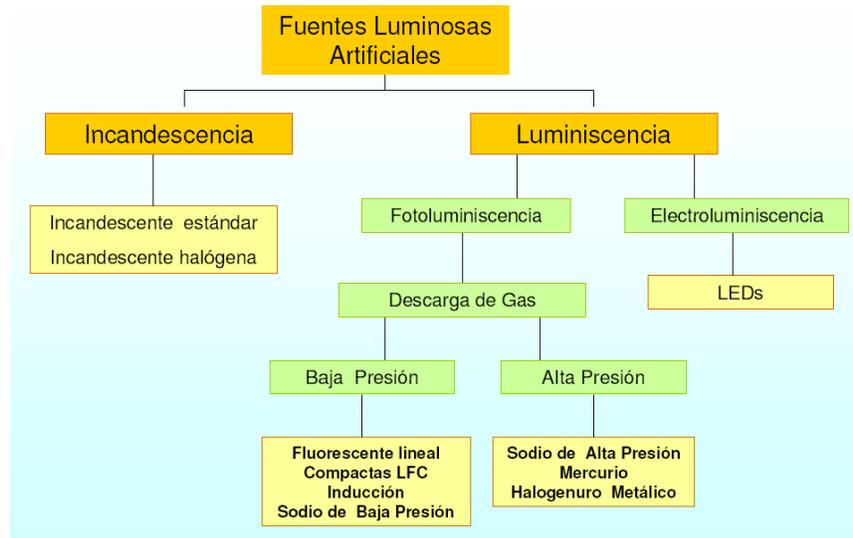
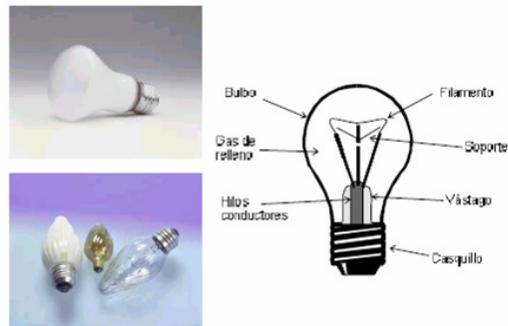


Figura Clasificación de las fuentes luminosas más importantes
Fuente: basado en IES, 2000

Las lámparas de inducción son las de mayor vida, luego las de mercurio de alta presión y sodio de alta presión (de 16.000 a 24.000 h). Le siguen las lámparas fluorescentes y de mercurio halogenado (de 6.000 a 10.000 h, aunque algunos modelos nuevos superan estos valores). Las incandescentes comunes constituyen el grupo más desfavorable, con una vida nominal de 1000 horas. Es importante recalcar que estos valores son nominales, pues la vida útil efectiva es fuertemente dependiente del lugar de uso y la calidad de la lámpara.

a) Lámparas incandescentes.

Las lámparas incandescentes han tenido amplio uso en la iluminación por su color cálido de luz, su reducido peso, dimensiones y, particularmente por su bajo costo inicial, además de no requerir equipos auxiliares para funcionar. Sin embargo, su baja eficiencia y corta vida útil han limitado cada vez más sus aplicaciones.



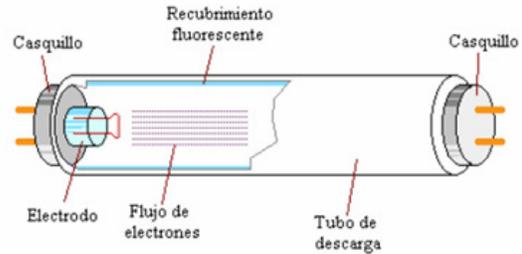
b) Lámparas incandescentes halógenas

La necesidad de mejorar la relación eficacia-vida de las lámparas incandescentes convencionales llevó a la incorporación de un gas haluro como aditivo, el cual produce un ciclo

regenerativo del filamento. Hoy en día se usa el bromo. La vida útil de las halógenas es del orden de 2000 horas frente a 1000 horas en las convencionales.

c) Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes pertenecen a la categoría de lámparas de descarga en gases a baja presión. Están constituidas por un bulbo o tubo de descarga con vapor de mercurio, recubierto de polvos fluorescentes (denominados “fósforos”)



Fuente ELI, 2000.

Las lámparas fluorescentes se construyen con bulbos tubulares rectos cuyo diámetro varía entre aproximadamente 12 mm, designados T4, y 54 mm designados como T17. Generalmente su longitud varía entre 100 mm y 2440 mm. La letra de la designación indica la forma del bulbo (T por “tubular”; C por “circular” o U indicando que el bulbo ha sido doblado sobre sí mismo).

La eficacia de una lámpara fluorescente depende de un gran número de factores: potencia, dimensiones, construcción del electrodo, tipo y presión del gas, propiedades de la capa de fósforo, tensión de suministro y temperatura ambiente.

El flujo luminoso de la lámpara fluorescente decrece con el tiempo acumulado de operación, debido a la degradación fotoquímica, tanto de los fósforos del recubrimiento interno como del vidrio que forma el bulbo, y a la creciente deposición de elementos absorbentes de luz sobre el cuerpo de la lámpara.

d) Lámparas fluorescentes compactas LFC

Se las conoce como lámparas de bajo consumo, aunque en realidad la diferencia con las lámparas fluorescentes lineales radica en su menor tamaño, forma y la posibilidad de que pueden adaptarse a una instalación diseñada para lámparas incandescentes.

Una LFC frente a una incandescente consume 4 veces menos energía aproximadamente para igual flujo luminoso, dependiendo del tipo de lámpara, y tiene una vida de 3 a 10 veces mayor, según el modelo.

Las LFC actuales tienen rangos de potencia entre 5 a 55 W, con flujo luminoso entre 250 a 4800 lm. Sus dimensiones varían entre 100 a 540 mm de longitud máxima, dependiendo de la potencia y construcción. Se recomiendan en interiores de uso prolongado, de difícil acceso para el reemplazo de la lámpara, excepto en locales con alta frecuencia de encendido.



e) Lámparas de inducción

Las lámparas de descarga inductiva, o lámparas de inducción, contienen un gas inerte a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio.

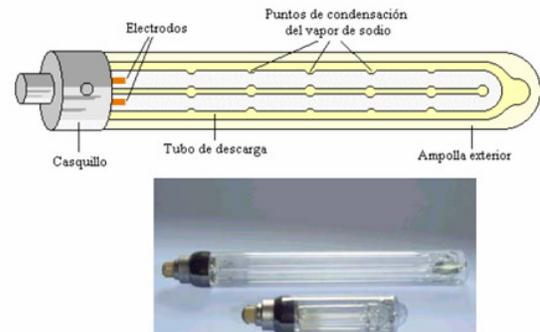
Cuenta con un generador de alta frecuencia que produce una corriente alterna de 2,65 MHz o 13,65 MHz, que se suministra a la antena. Estas lámparas generan ondas electromagnéticas y por tanto producen interferencia no deseada. El valor de esta frecuencia está regulado por los países, de aquí que en Estados Unidos estas lámparas deben operar a 13,65 MHz y están aprobadas para su uso comercial y doméstico mientras, en la Comunidad Europea operan a 2,65 MHz.



En general estas lámparas tienen una eficacia entre 48 a 70 lm/W y una vida nominal muy alta, de hasta 100.000 horas.

f) Lámpara de sodio de baja presión

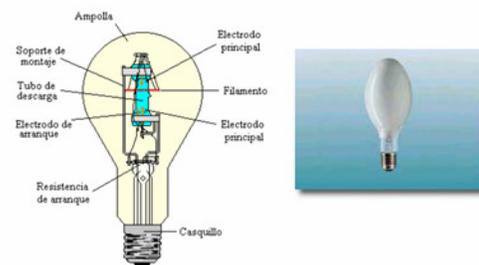
Aunque solo el 35 a 40% de la potencia de entrada se transforma en energía visible, posee el doble de la eficacia luminosa de una lámpara fluorescente tubular. Esto se debe a que no hay pérdidas de energía en transformación fluorescente del UV a radiación visible. Los valores de eficacia se encuentran entre 100 y 200 lm/W, dependiendo de la potencia.



La vida nominal puede llegar hasta 14000 horas y una vida útil de hasta 18000 h. Este alto valor se debe a la baja depreciación del flujo luminoso y a su bajo índice de fallos. Su desventaja es la monocromaticidad de la luz generada y la imposibilidad de distinguir colores.

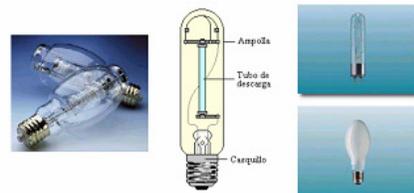
g) Lámparas de vapor de mercurio de alta presión

La mayoría de las lámparas de mercurio se construyen con doble envoltura, la *interior* o *tubo de descarga*, está rellena de un gas inerte (argón) y una cierta cantidad de mercurio.



La eficacia luminosa de aquellas que contienen recubrimientos fluorescentes es mayor que las que no lo tienen. Por ejemplo una lámpara de igual potencia con recubrimiento fluorescente de 250 W llega a 51 lm/W o mayor frente a 46 lm/W en el caso que no contenga dicho recubrimiento. Cabe indicar que la eficacia de una lámpara de vapor de mercurio es muy inferior a las de fluorescentes y de sodio de alta presión. La vida útil de una lámpara de mercurio de alta presión se encuentra entre valores de 12000 a 16000 horas, dependiendo de la potencia.

i) Lámpara de sodio de alta presión



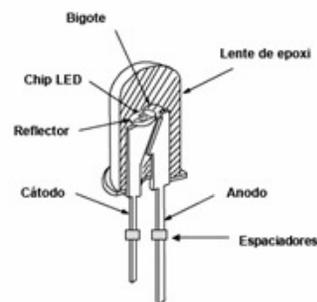
Estas lámparas contienen xenón como gas de encendido y una pequeña cantidad de una amalgama de sodio-mercurio

La eficacia de estas lámparas está en un rango entre 80 a 130 lm/W, dependiendo de la potencia de la lámpara y de las propiedades de reproducción del color. La vida útil para estas lámparas es de aproximadamente 16000 horas.

Su alta eficacia luminosa, larga vida y baja depreciación luminosa permiten su uso en iluminación de grandes espacios interiores, y en situaciones donde el ahorro y el bajo mantenimiento son prioridades.

j) LED (Light Emitting Diode)

Un LED, o diodo emisor de luz, es un componente electrónico de estado sólido. Difiere tanto de una lámpara incandescente como de una de descarga. No incluye ningún filamento como las incandescentes, que pueden romperse o quemarse, ni electrodos como la mayoría de las lámparas de descarga.



Los beneficios que trae esta tecnología para la iluminación son, entre otros:

- **Bajo consumo:** Una lámpara LED requiere menor potencia para producir la misma cantidad de luz. El beneficio es notable cuando se trata de luz de color. Una lámpara incandescente de 100 W con filtro rojo produce 1 W de luz roja (por ej. en un semáforo). Para generar la misma cantidad de luz roja, un LED sólo requiere 12 W.
- **Baja tensión:** Generalmente se alimentan a 24V de corriente continua, adaptándose perfectamente a la mayoría de las fuentes de alimentación de los equipos, y reduciendo al mínimo los posibles riesgos de electrocución.
- **Baja temperatura:** Por su alto rendimiento, el LED emite poco calor. Además, los procesos de su operación no requieren el calor, como las lámparas incandescentes y hasta cierto punto las de descarga, por lo cual opera a baja temperatura.
- **Mayor rapidez de respuesta:** El LED tiene una respuesta de funcionamiento mucho más rápida que el halógeno y el fluorescente, del orden de algunos microsegundos.
- **Sin fallos de iluminación:** Absorbe las posibles vibraciones a las que pueda estar sometido el equipo sin producir fallos ni variaciones de iluminación. Esto es debido a que el LED carece de filamento luminiscente evitando de esta manera las variaciones de luminosidad del mismo y su posible rotura.
- **Mayor duración:** La vida de un LED es muy larga en comparación con los demás sistemas de iluminación (se estima en alrededor de 100.000 horas).