



**FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA**

"Tres décadas de orgullosa excelencia" 1971 - 2001

CURSOS INSTITUCIONALES

DIPLOMADO EN REGULACIÓN Y OPERACION ENERGÉTICA

**MOD. III ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA,
FINANZAS Y MEDIO AMBIENTE**

Del 26 de septiembre al 05 de octubre de 2001

APUNTES GENERALES

Coordinador: Ing. Martiniano Aguilar Rodríguez
Secretaría de Energía
Septiembre - octubre /2001

III- ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA, FINANZAS Y AMBIENTE

III-1.-EFECTOS AMBIENTALES

La energía, la economía y el ambiente están interrelacionados; las consecuencias sobre el ambiente por el consumo de energía se ha vuelto una materia de preocupación general solo en los últimas dos décadas.

La demanda de energía limpia no contaminante ha causado un cambio importante en la utilización de combustibles. La generación eléctrica y de vapor bajo la presión de reducir la contaminación del dióxido de azufre, ha cambiado de combustóleo a gas causando un aumento en el consumo e importación de gas.

El uso de la energía eventualmente resulta en desecho de calor y materia. La afectación ambiental esta relacionada en la contaminación del aire, la contaminación del agua, desechos de calor y cambios climáticos entre otros.

Actualmente la mayoría de las discusiones ambientales giran alrededor de contaminantes específicos que afectan la biosfera, como

- SO₂
- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Desechos radioactivos
- Desechos de calor que causan elevación de temperatura en los cuerpos de agua.

También son de importancia los procesos climáticos fundamentales incluyendo los efectos locales y globales de la contaminación del aire resultante del consumo de energía, y el balance térmico de la tierra en su relación con el universo.

En la actualidad, la ciencia de la climatología no es capaz de predecir las últimas consecuencias en el clima de la tierra debido a la producción de energía por la humanidad, por ejemplo:

- A que régimen de producción de energía podría derretir las capas de hielo de los polos
- Podría amenazar la estabilidad del sistema climático la cantidad de dióxido de carbono y polvo que se arroja a la atmósfera por el quemado de combustibles fósiles
- Como la geografía de producción de energía por el hombre afecta el clima en varias partes del mundo

El efecto más importante que el creciente uso de la energía en las sociedades industrializadas ha tenido sobre el ambiente ha sido el de re-direccionar la producción neta de los ecosistemas de los consumidores naturales a la humanidad.

La población global humana actual depende de grandes entradas de energía a los sistemas biológicos con objeto de proveer suficiente alimento porque los sistemas naturales no proveen ya lo suficiente comestible.

Los problemas ambientales son creados en cada etapa de la producción, procesamiento, transportación y utilización de combustibles, por ejemplo, el drenaje de agua ácido de las minas de carbón y la contaminación del aire y agua en las plantas generadoras de electricidad presentan serios efectos ambientales.

En la tabla se muestran los factores ambientales relacionados en la energía.

III-2 IMPACTOS SOCIALES.

El autor Ivan Illich analizó en su libro "Energy and social disruption", el impacto del uso de la energía en la sociedad, quien visualizó al incremento del uso de la energía como destructor o destrozador.

Este autor estableció que una política de baja energía permite una amplia elección de estilos de vida y culturas, mientras que si una sociedad opta por alto consumo de energía per capita, sus relaciones sociales están dictadas por la tecnología.

Desde el punto de vista anterior, debajo de un umbral de consumo de energía per cápita impulsa el mejoramiento de las condiciones para el progreso social. Arriba de este umbral, el crecimiento de la energía a expensas de la equidad y posteriores afluencias de energía significa disminución en la distribución y control sobre dicha energía. Según este punto de vista, más allá de este umbral, la energía ya no puede ser controlada por procesos políticos y ocurre rompimiento social.

El punto de vista de Illich pone en tela de juicio la ética de la energía prevaleciente en las naciones industrializadas, pero no ésta claro si este concepto se mantendrá a la luz del examen histórico y si hay un umbral de destructor.

En un sentido, el concepto anterior se eleva contra la importancia de las personas y sus máquinas y quien es el amo o patrón.

FIG. FACTORES AMBIENTALES RELACIONADOS CON LA ENERGÍA

Elemento del ambiente	Tipo de impactos	Contaminante	Area			Costos de control		
			Global	Regional	Local	Alto	Medio	Bajo
Aire	Físicos Químicos	Dióxido de carbono	✓					
		Monóxido de carbono			✓	✓		
		óxidos de azufre		✓	✓		✓	
		óxidos de nitrógeno		✓		✓		
		Hidrocarburos		✓				✓
		Smog fotoquímico		✓				
		Partículas	✓	✓	✓		✓	
		Vapor de agua	✓		✓			✓
		Trazas de metales		✓	✓			✓
	Radiológicos	Gases nobles	✓					✓
		Partículas		✓	✓			
	Uso de recursos	Oxígeno						
		Helio		✓				✓
	Otras	Entradas térmicas		✓	✓			
		Electromagnético			✓			✓
Ruido			✓	✓	✓			
Agua	Físicos químicos	Derrames de petróleo		✓	✓			✓
		Drenaje ácido de minas		✓	✓	✓		
	Radiológico	Tritio	✓					✓
		Otros efluentes		✓				✓
		Desechos de minas de uranio			✓			✓
Térmico	Entradas térmicas		✓	✓		✓		
Suelo	Físicos químicos	Lluvia ácida		✓	✓			
		Caída de minerales de t.e.			✓			✓
		Desechos sólidos			✓		✓	
	Radiológico	Desechos de alto nivel		✓	✓		✓	
	uso de recursos	Hundimiento de tierra			✓			
		Minado a cielo abierto de carbón		✓	✓	✓		
		Uso de suelo y derechos de vía para producción y transmisión		✓	✓		✓	
Presas hidroeléctricas			✓	✓				

III-3.- CONTROLES AMBIENTALES Y SOCIALES

En la Fig. se muestra un modelo de control de efectos ambientales y sociales; se evalúan los efectos resultantes de la interacción del uso de la energía, el hombre y su ambiente. Estas evaluaciones o estimados, resultan en ocasiones correctivas tecnológicas o de actitudes. Este proceso de retroalimentación continua a través del tiempo y conforme cambian las actitudes de la gente, alteran sus instalaciones para mejorar la situación.

Un método de control institucional es la legislación. La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), sus Reglamentos, Normas y Acuerdos respectivos así como las leyes que la precedieron, regula la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección al ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

El reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos, reglamenta todo lo que se refiere a residuos peligrosos.

El reglamento de la LGEEPA en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, reglamenta lo que se refiere a esta materia.

El reglamento de la LGEEPA en materia de impacto ambiental requiere que cualquier planeación de un proyecto realice un estudio de impacto ambiental. Las evaluaciones de impacto ambiental son rutinariamente requeridas por las agencias federales, estatales y municipales.

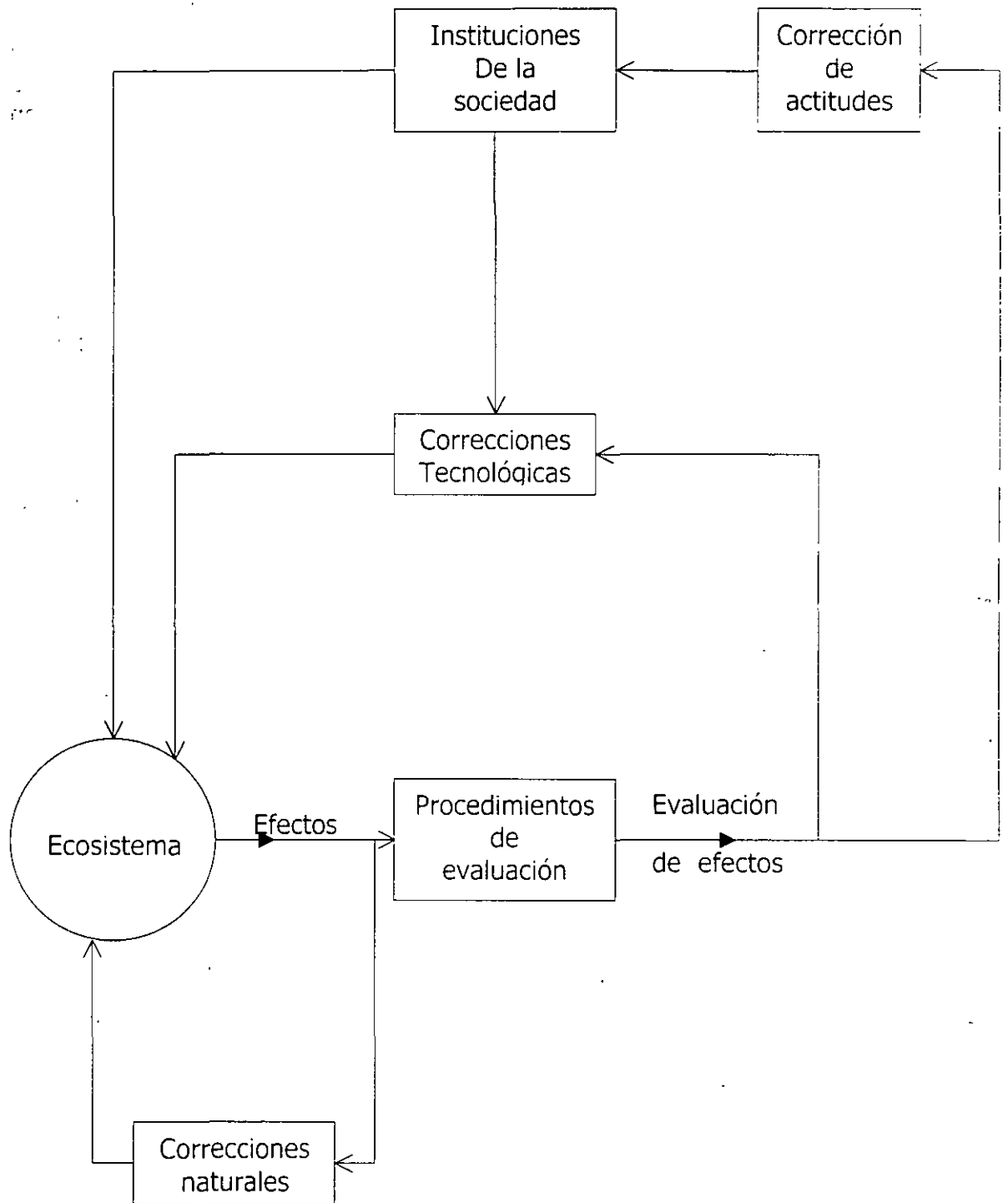


Fig. - MODELO DE CONTROL DE EFECTOS AMBIENTALES Y SOCIALES DE UN ECOSISTEMA.

III-4- FACTORES DE CONTAMINACIÓN

La contaminación resulta del incremento de la población, la concentración de la gente, el incremento de la riqueza y la ineficiencia en la limpieza de las efluentes de los procesos consumidores de energía. El % de incremento en la concentración de la contaminación es aproximadamente igual a la suma del % de incremento en la población, el PIB por cápita y a la ineficiencia de la planta; la concentración de la contaminación C_p , está expresada como:

$$C_p = \left(\frac{N}{A} \right) G_{CW} \times t_{1/2} \times \frac{1}{e} \quad (1)$$

En donde:

$\frac{N}{A}$ = número de personas por área

G_{CW} = consumo total y desecho de bienes, per cápita.

$t_{1/2}$ = vida media del contaminante en el ambiente en años.

e = eficiencia de la limpieza del efluente de los procesos consumidores de energía

Si la limpieza del efluente es perfecta, entonces $e=1$ y se tiene $C_p=0$.

Como el consumo está relacionado casi linealmente al PIB per cápita, entonces G_{CW} puede expresarse como igual al PIB per cápita y puede cambiarse $G_{CW} = F$, en donde:

F = cantidad de combustible consumido por cápita para producir los bienes.

Si se define $n=F_0/F$, en donde F_0 es la energía térmica mínima per cápita requerida para producir los bienes, se tiene:

$$G_{CW} = \frac{F_0}{n}$$

Si se sustituye este valor en la ecuación 1, se tiene

$$C_p = \left(\frac{N}{A} \right) \times \frac{F_0}{n} \times t_{1/2} \times \frac{1}{e}$$

De acuerdo con lo anterior, la concentración de la contaminación es proporcional al producto de la concentración de gente por Km^2 , los bienes consumidos por persona y que tanto tiempo sobrevive el contaminante antes de que el ambiente lo enfrente, dividido entre la eficiencia del combustible, la eficiencia de limpieza del efluente e . Para reducir la contaminación, se puede:

- Reducir la densidad de población
- Reducir el consumo per cápita
- Incrementar la eficiencia de los procesos de energía
- Aumentar la efectividad de limpieza de la contaminación.

III-4.1 CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Aproximadamente el 85% de toda la contaminación del aire en México está asociada a la combustión de los combustibles fósiles; la mayoría de esta contaminación proviene de los vehículos de motor, pero las plantas de potencia de combustibles fósiles también contribuyen. Los principales contaminantes son:

- CO (monóxido de carbono)
- SO_x (óxidos de azufre)
- HC (hidrocarburos)
- Partículas de materia

Estos contaminantes tienen el potencial de deteriorar la salud pública, creación de molestias y causantes de daños significativos a la propiedad.

El carbón y el petróleo producen la mayoría de los contaminantes cuando se queman, incluyendo cerca de las dos terceras partes de dióxido de azufre en el aire, por lo tanto, se han desarrollado sistemas para remover el azufre de los gases de combustión.

Las ciudades son particularmente afectadas por los contaminantes puesto que la atmósfera normalmente se dispersa en ellos, pero en áreas congestionadas las emulsiones se acumulan más rápidamente que la forma en que pueden dispersarse naturalmente.

Las primeras etapas en el control fueron las de disminuir la contaminación de los automóviles, inicialmente con modificaciones al motor para reducir las emisiones y luego requerir más reducciones por medio de dispositivos de control.

Una meta primaria del control ambiental es la de reducir el daño debido a los sulfatos; el dióxido de azufre es liberado en el escape de las plantas de potencia que queman combustibles que contienen azufre. Una vez en el aire, el dióxido de azufre se combina con el oxígeno para formar sulfato (SO₄). El método convencional de control de la contaminación es hacia el ataque directo al azufre, ya sea para:

- Evitar que el azufre llegue al aire, quemando combustible de bajo azufre o removiendo el azufre de los gases de escape.

- Disipando la concentración de dióxido de azufre con chimeneas altas que envían el contaminante a las alturas del aire en donde se difunde, antes de alcanzar el nivel de los pulmones.

La efectividad de los dos planteamientos esta en duda; la química de la formación de sulfato en el aire todavía está abierta a investigación posterior.

Los límites de emisiones de chimeneas de calderas que queman combustibles fósiles son los siguientes:

Contaminante \ Combustible	Kg. / 10 ⁶ Kcal		
	Carbón	Petróleo	Gas
Partículas	0.18	0.18	0.18
Dióxido de azufre	2.16	1.44	-
Óxidos de Nitrógeno	1.26	0.54	0.36

Los sistemas de desulfurización de gases de combustión se han desarrollado e instalado en plantas de potencia; otras plantas usan chimeneas altas y combustible de bajo azufre. Aún no está claro cuando las normas deseadas de calidad de aire puedan o serán alcanzadas, sin embargo, los esquemas de calidad del aire están siendo perseguidas vigorosamente tanto por el gobierno como por la industria.

En la Fig. se muestra la distribución de las partículas en una pluma de gases de acuerdo con la altura y la distancia horizontal para una velocidad de aire dada.

III-4.2 CONTAMINACIÓN TÉRMICA

La contaminación térmica involucra la liberación de desechos de calor al ambiente:

- Las plantas de potencia de vapor generadoras de electricidad, como una consecuencia de la producción de electricidad.
- Los motores de los automóviles liberan grandes cantidades de calor de desecho a través del escape de los automóviles y del sistema de enfriamiento.

Los efectos sobre el ambiente del calor liberado pueden ser perjudicial, benéfico o insignificante, dependiendo de muchos factores como la forma en que el agua calentada usada para enfriamiento de plantas de potencia o motores es regresada a su fuente o su disposición. El efecto sobre la fuente de agua de enfriamiento de una planta de potencia depende de:

- La cantidad de agua disponible
- La ecología de la fuente de agua
- El uso deseado

La adición de agua calentada al cuerpo de la fuente de agua eleva su temperatura algunos grados en una área de mezclado y este incremento de temperatura puede afectar a los peces y otra vida acuática, sin embargo, estos efectos térmicos pueden ser disipados o minimizados a través de medidas de diseños adecuados. En algunos casos se utilizan métodos alternativos de enfriamiento como estanques y torres de enfriamiento.

El contenido de oxígeno en el agua es crítico para la mayoría de la vida marina y es afectado por su temperatura:

- El nivel de saturación del oxígeno disuelto disminuye en el incremento de temperatura, y al mismo tiempo se incrementa la demanda de oxígeno.
- El régimen de multiplicación del plancton se incrementa con el aumento de temperatura.
- El incremento de la temperatura del agua puede aumentar los efectos tóxicos de varios contaminantes y alterar la cadena entera de alimentación de la vida.

Algunas plantas de potencia usan torres de enfriamiento, que pueden clasificarse como:

- Húmedas o secas
- Ambas pueden ser de tiro natural o forzado.

En las torres húmedas, el agua de enfriamiento esta en contacto en el aire y el enfriamiento tiene lugar por evaporación; las torres de enfriamiento húmedas operan bien en climas fríos y secos. Debido al agua incorporada al aire, puede tener lugar neblina o lluvia local.

Una torre seca es básicamente un radiador grande; el agua de enfriamiento fluye por el interior de tubos con aletas y enfriada por aire que pasa por el exterior de ellos. Las torres secas son mas caras que las torres húmedas pero no tienen pérdidas de agua.

Los costos asociados con las torres de enfriamiento en comparación con otros métodos de enfriamiento se muestran en la tabla siguiente; estos costos pueden ser comparados con el costo de la planta que es de alrededor de 800 millones de dólares.

TABLA: COSTOS COMPARATIVOS DE ESQUEMAS DE ENFRIAMIENTO PARA UNA PLANTA DE POTENCIA DE COMBUSTIBLE FÓSIL DE 800 MW

ESQUEMA DE ENFRIAMIENTO	COSTO 10 ⁶ DÓLARES
Un paso (rió, lago, mar)	13
Estanque de enfriamiento	19
Torre húmeda	
• Tiro forzado	19
• Tiro natural	24
Torre seca	
• Tiro forzado	43
• Tiro natural	85

Las emisiones de calor de las plantas de potencia y dispositivos consumidores de energía, conjuntamente con una superficie cambiada de vegetación a edificios y carreteras tienen un efecto sobre el clima local de regiones de la tierra; p.e., áreas urbanas son notablemente más calientes que las áreas rurales que las rodean, sin embargo, el efecto global es insignificamente puesto que el calor de desecho es mucho muy pequeño comparado con el balance natural de energía de la tierra.

El agua es abundante sobre la tierra, pero no siempre se localiza cerca de donde se necesita; en un día promedio cerca de $3 \times 10^{11} \text{ m}^3$ de lluvia y nieve caen sobre el área de tierra del mundo. El calor liberado al agua o aire, puede ser de:

- El ciclo hidrológico en el cual circulan grandes cantidades de agua
- El balance de calor de la atmósfera del mundo

Mientras que el balance total de calor en el mundo es afectado en forma insignificante, las cargas de emisiones térmicas en las ciudades son muy importantes, en donde la elevación de temperatura puede ser tan alta como 8°C , resultando en el fenómeno llamado "isla de calor urbano".

III-4.3 DESECHOS RADIOACTIVOS

Las plantas de potencia nucleares no producen humo y otros contaminantes al aire como las plantas de combustibles fósiles, sin embargo, tienen el problema del manejo de desechos radioactivos, que pueden clasificarse en dos categorías:

- Bajo nivel. La radioactividad es muy baja, como lo que ocurre en el aire, agua y sólidos fuera de los elementos combustibles en la operación normal de los reactores de plantas de potencia. Parece que estos desechos de bajo nivel pueden ser controlados a un nivel consistente con el nivel base de radiación
- Alto nivel. Se produce cuando hay fugas en los elementos de combustible y en las plantas de procesamiento de uranio y de reprocesamiento de los elementos de combustible agotados de los reactores nucleares. El combustible agotado del reactor se remueve de este, se empaqueta y se envía a la planta de reprocesamiento; durante el reprocesamiento se remueve de los elementos de combustible los desechos de alto nivel, se concentran y se almacenan. Estos desechos se almacenan finalmente en un depósito federal con características muy especiales.

III-4.4 OTROS EFECTOS AMBIENTALES

Los efectos ambientales potenciales por la extracción, procesamiento, almacenamiento, transporte y consumo de energía son numerosos, un ejemplo de dichos efectos son los derrames de petróleo.

III-5 COSTOS DE CONTROL AMBIENTAL

Es importante estudiar la economía y costos de la energía de dispositivos y esquemas de control de la contaminación. El costo bruto de la limpieza del ambiente está hecha de miles de pequeños y grandes costos como los costos de capital y los costos de operación.

Las compañías eléctricas tienen que gastar alrededor del 20% de su presupuesto para el control ambiental; la operación de un lavador de gases puede requerir el 4% de la producción de cada planta.

La adición de controles de emisión a los automóviles aumentó y junto con el cumplimiento de las normas cuesta aproximadamente \$400 dólares adicionales.

El incremento de energía agregado requerido para reducir los contaminantes emitidos por el escape de los automóviles aumenta aproximadamente el 15% el consumo de combustible, aunque el consumo de

combustible puede reducirse por rediseño del auto y del motor y por la reducción del peso del vehículo

Se estima que el tratamiento de toda el agua de desecho residencial e industrial podría requerir aproximadamente el 1.5% del total de energía eléctrica usada anualmente.

La remoción de partículas de fuentes estacionarias por medio de precipitadores electrostáticos, requiere menos del 0.1% de la potencia de salida; las lavadores para remover el 80% del azufre de los gases de escape consume cerca del 4% de la salida de la planta de potencia y un costo de capital de aproximadamente el 60% del costo de la caldera.

El uso de torres de enfriamiento húmedas de tiro forzado para plantas de potencia resultan en una penalización de cerca del 1%; en las torres secas la pérdida de potencia es de cerca del 5% de la salida de la planta.

Por lo anterior puede estimarse que los requerimientos de energía para el mejoramiento ambiental pueden promediar del 4 al 6% de la energía total consumida. Mientras se desarrollan nuevas y eficientes tecnologías de control, puede esperarse un mejoramiento en este factor de penalización.