



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**“USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN LA
INDUSTRIA QUÍMICA MEXICANA:
REDUCCIÓN DE COSTOS Y MEJORA
DEL MEDIO AMBIENTE”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

PRESENTA:

CRISTOPHER FABIAN ARCIGA MORALES

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPIRITU”



MÉXICO D.F. 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INTEGRANTES DEL H. JURADO:

Presidente: Antonio Valiente Balderas

Vocal: Jesús Torres Merino

Secretario: Agustín Texta Mena

1er. Suplente: Abraham Rodrigo Flores Ramos

2do. Suplente: Alejandro Zanelli Trejo

DIRECTOR DE TESIS: DR. JESÚS TORRES MERINO

INDICE

Introducción

Capítulo I Situación actual de la Industria Química en México

Capítulo II Origen y uso de las fuentes de energía en México

Capítulo III Uso eficiente de energía en la industria y su relación con el medio ambiente.

Capítulo IV Entorno del uso de la energía en la industria química mexicana.

Capítulo V Acciones y recursos para el ahorro de energía en la industria.

Capítulo VI Impacto y potencial del ahorro de energía en la industria química mexicana, aspecto económico y ambiental.

Conclusiones y Recomendaciones

Bibliografía y fuentes de información

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En los países desarrollados, el consumo de energía en los últimos veinte años, no ha crecido como se había previsto. Las industrias fabrican sus productos empleando menos energía; los aviones y los coches consumen menos combustible por kilómetro recorrido y se gasta menos combustible en los sistemas de calefacción de inmuebles.

Se calcula que desde 1970 a la actualidad se usa un 20% de energía menos, en cambio en los países en desarrollo, aunque el consumo de energía por persona es mucho menor que en los desarrollados, la eficiencia en el uso de energía no mejora. Sucede esto, entre otros motivos, porque muchas veces las tecnologías que implantan son anticuadas.

Es imprescindible reducir la dependencia de nuestra economía del petróleo y los combustibles fósiles, ya que estos son recursos natural no renovables, y por lo tanto, finitos. Se prevé un periodo no mayor a 30 años para que las reservas mundiales de crudo sean insuficientes para el consumo en general, aunado a esto se visualiza una posible caída de las bolsas mundiales, debido a la gran dependencia internacional de este recurso.

En los países industrializados, dicho ramo utiliza entre la cuarta parte y un tercio del total de energía consumido. En los últimos años se ha notado un notable avance en la reducción del consumo por parte de estas. Las empresas se han dado cuenta de que una de las maneras más eficaces de reducir costos y mejorar los beneficios es usar eficientemente la energía.

El ahorro de energía es una práctica empleada, que tiene como objeto procurar disminuir el uso de la misma, pero con el mismo resultado final, es decir, una optimización del consumo. Esto conlleva a un escenario de reducción de costos de producción, y un respeto al medio ambiente, que en las últimas décadas se ha visto cada día más afectado.

Este trabajo tiene como objetivos dar a conocer las oportunidades y beneficios de la implementación de un plan de ahorro y eficiencia energética dentro de la industria, específicamente en la industria química mexicana, así como mostrar los beneficios tanto económicos como para el medio ambiente de éstas acciones.

Y aunque no es posible mencionar todos los posibles casos de desaprovechamiento energético, ya que cada empresa requeriría de un análisis profundo de todos sus procesos, se trató de mencionar los casos más generales y que muy probablemente, en cualquier empresa sea posible su aplicación.

El capítulo uno muestra un panorama general de la situación en la que se encuentra el sector industrial químico en nuestro país. Se mencionan sus indicadores económicos, inversiones, comercio exterior, niveles de consumo y producción, y por último su consumo de energía promedio.

En el capítulo dos se enumeran todas las fuentes de energía disponibles en nuestro país, así como las principales características de las dos principales empresas que las suministran, Petróleos Mexicanos y la Comisión Federal de Electricidad.

En el capítulo tres se pretende relacionar la propuesta de un uso eficiente de energía, con su impacto al medio ambiente. Se mencionan tanto los posibles efectos como los beneficios obtenidos.

El capítulo cuatro, externalidades del uso de la energía en la industria química, se menciona el entorno general del uso de la energía en México, así como sus costos, y algunos ejemplos de emisiones por proceso de producción.

En el capítulo cinco se desarrolla en el tema del ahorro y eficiencia energética. Se enumeran posibles acciones a tomar, y el desarrollo de un proyecto de ahorro de energía industrial.

En el capítulo seis se mencionan ejemplos reales de proyectos llevados a cabo en industrias químicas mexicanas, donde se dan a conocer sus cifras de inversión, ahorro y periodos de retorno; mostrando así la viabilidad de la implementación de este proyecto tanto en empresas de productos químicos como en cualquier otra que maneje grandes cantidades de energía para su funcionamiento.

Capítulo I

SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA QUÍMICA EN MÉXICO

1.1 PANORAMA GENERAL

En este capítulo se realiza un análisis del desarrollo y situación del sector de la industria química, específicamente de aquella establecida en México. Se muestra un resumen que ofrece una visión general de los aspectos más relevantes de este sector, así como sus tendencias y principales estadísticas, brindando el marco teórico para evaluar el potencial de desarrollo que éste posee, particularmente en el uso eficiente de los energéticos que emplea y procesa.

La industria química en México, como en el mundo, es una de los principales motores de la economía, ya que de ella se generan de entre un 60 y un 80% de los insumos para más de cuarenta sectores industriales.

En materia de infraestructura, nuestro país ha crecido a un ritmo muy por debajo de su potencial y ello se debe, entre otros factores, a que no se han desarrollado sectores clave, como las industrias química y petroquímica, lo que repercute en las múltiples cadenas productivas que de ellas dependen.

Proyectando esto a cifras, más de sesenta y tres mil familias dependen de la industria química, en virtud de los empleos que se ubican en 471 plantas productivas, traduciéndose en cerca de 892 mil empleos.

Este sector está compuesto principalmente de siguientes ramas:

- Petroquímica.
- Farmacéutica.
- Agroquímicos y Fertilizantes.
- Fibras.
- Hules.
- Inorgánicos Básicos.
- Resinas.
- Adhesivos.

1. Estadísticas de la Industria Química, Asociación Nacional de la Industria Química, ANIQ, México, 2006.

México no sólo es el quinto productor de petróleo crudo en el mundo, sino también el decimosegundo de productos petroquímicos. Hacia 1982 se encontraba entre los primeros cinco por el número de plantas en desarrollo, situación que empeoró debido a la escasa inversión de los años críticos posteriores.

Hasta 1995, este sector, contribuía con más del 5% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional, posteriormente en el año 2006 la participación disminuyó al 1.9%, siendo esta situación contrastante con la participación promedio de la industria química mundial en el PIB de los países desarrollados, que es cerca del 4.6%¹.

Contribución del sector químico al Producto Interno Bruto nacional.

Periodo	millones de pesos
2000	45,870.00
2001	44,144.70
2002	43,989.20
2003	44,667.60
2004	46,063.40
2005	46,325.00
2006	47,417.40

Aportación al PIB Ind. Química

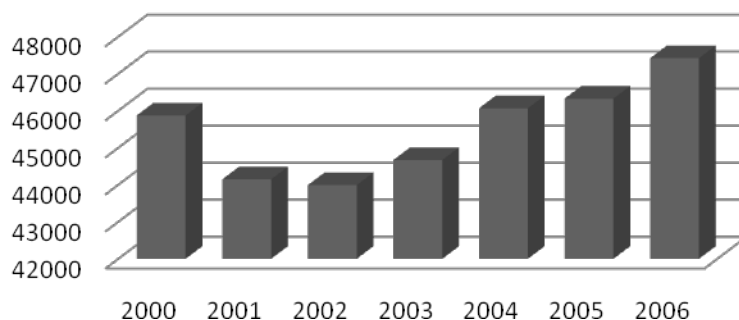


Figura 1.1 Contribución del sector químico al Producto Interno Bruto, Industria Química en México

Variación Porcentual de Aportación al PIB Industria Química.

Periodo	Porcentaje
2000	3.3
2001	-3.8
2002	-0.4
2003	1.5
2004	3.1
2005	0.6
2006	2.4

Variación porcentual PIB

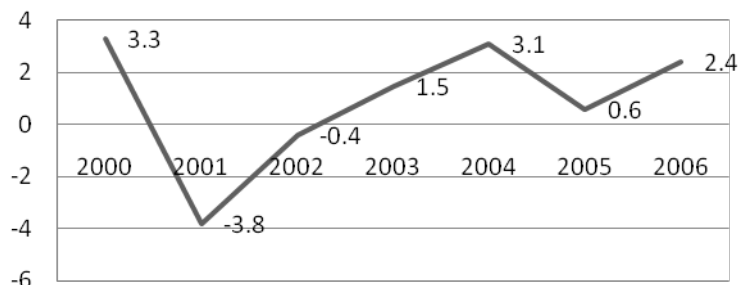


Figura 1.2 Variación porcentual de aportación al Producto Interno Bruto, Industria Química en México

2. Producto Interno Bruto Trimestral, Serie de estadísticas económicas, INEGI, México 2007

El volumen de productos químicos elaborados en el país tiene un valor de 15,830 millones de dólares, según datos de la Asociación Nacional de la Industria Química (2006). Aún con este decrecimiento, la aportación de la industria constituye el 14.7% del PIB del sector manufacturero³.

Durante el período de 1995 al 2005, la industria química no sólo no se ha desarrollado y diversificado, sino que ha sufrido un grave retroceso. La producción nacional disminuyó 16% y se encuentra estancada en niveles de producción de 20 millones de toneladas por año, al tiempo que la producción de petroquímicos en PEMEX, disminuyó 43% en ese lapso, mientras que por otro lado las importaciones de productos químicos se han triplicado y constituyen hoy en día el 67% del consumo nacional³.

Durante el año de 2005 el déficit comercial de la industria química fue de más de 7,200 millones de dólares, como resultado de importaciones por 14,900 millones así como por exportaciones por 7,700 millones de dólares³.

En los últimos años, la inversión en la industria química ha sido de alrededor de 900 millones de dólares anuales, sin embargo ésta ha sido canalizada en mejoras tecnológicas y para la ampliación de capacidades existentes, pero no para nuevas inversiones y proyectos de crecimiento.

La industria química mexicana, por la gran variedad de productos que elabora (petroquímicos, resinas sintéticas, químicos inorgánicos, fibras artificiales, hules, adhesivos, pigmentos, lubricantes, fertilizantes, agroquímicos, fármacos, etc.), es proveedor de más de 40 tipos de industrias, destacando la industria textil, de confección, construcción, automotriz, farmacéutica, plástico, pinturas, electrónica, calzado, entre otras.

1.2 ENTORNO PRODUCTIVO Y MACROECONÓMICO

A continuación se muestra un balance económico de la industria química este sector en los últimos años, así como sus niveles de producción en términos monetarios, exportaciones, importaciones e inversiones tanto de carácter privado como público, necesarias para su desarrollo.

3. *La Industria Química en México*, Serie de estadísticas Sectoriales, Edición 2006 INEGI, México 2006.

1.2.1 Producción por año (millones de dólares)

1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
12,688	13,221	12,810	12,568	12,367	14,750	15,830	16,720

Fuente: Estadísticas ANIQ 2006

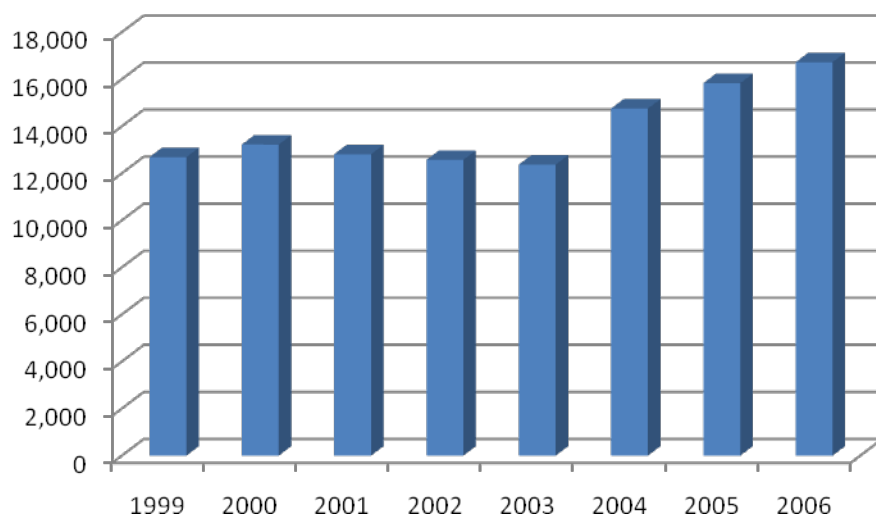


Figura 1.3. Datos de producción anual de la industria química en México

Producción anual por sector (toneladas)

SECTOR	2006	2005	%
Agroquímicos y Fertilizantes	573,912	555,366	3.3
Fibras artificiales y sintéticas	286,943	409,334	-29.9
Hules sintéticos	313,968	287,602	9.2
Inorgánicos básicos	4,887,063	4,481,794	9
Petroquímicos PEMEX	7,930,681	7,789,438	1.8
Otros petroquímicos	2,134,873	2,155,243	-0.9
Resinas sintéticas	3,212,006	3,343,566	-3.9
Adhesivos	76,954	73,493	4.7
Pigmentos y Colorantes	160,518	166,611	-3.7

Fuente: Estadísticas ANIQ 2006

Producción anual 2006

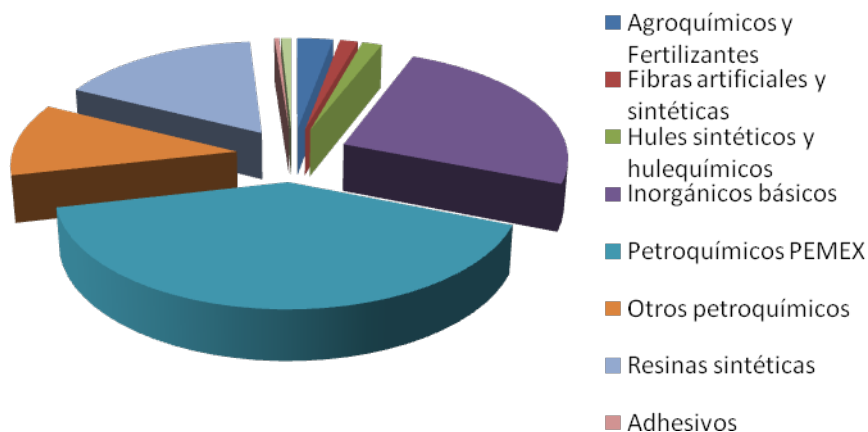


Figura 1.4 Datos de producción anual de la industria química por sector.

1.3 BALANZA COMERCIAL

Se puede observar que los niveles de exportación en el ramo químico en el país, es mucho menor que el de importación, esto se debe a la falta de apoyos para la creación de nuevas empresas en el ramo, además de los altos aranceles de impuestos que se manejan en la república.

Estadísticas de la balanza comercial (*producción en toneladas*)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Importación	8,946	9,373	9,298	10,763	12,811	14,857	16,573
Exportación	3,574	3,402	3,381	4,856	6,100	7,689	8,202
Balanza	-5,371	-5,971	-5,917	-5,907	-5,907	-7,168	-8,371

Fuente: Estadísticas ANIQ 2006

Balanza Comercial (producción en toneladas)

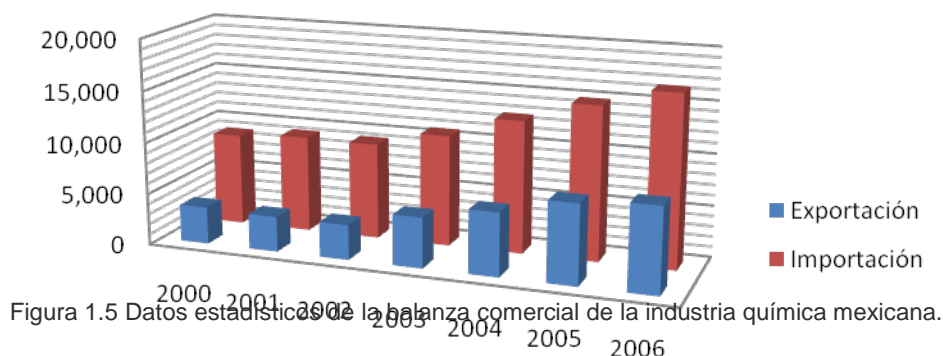


Figura 1.5 Datos estadísticos de la balanza comercial de la industria química mexicana.

1.3.1 Importaciones por sector (toneladas)

SECTOR	2005	2006	%
Agroquímicos y Fertilizantes	875,157	842,957	-3.7
Fibras artificiales y sintéticas	183,119	215,031	17.4
Hules sintéticos y hulequímicos	226,879	176,806	-22.1
Inorgánicos básicos	361,701	371,090	2.6
Petroquímicos PEMEX	2,167,931	2,106,089	-2.9
Otros petroquímicos	991,145	871,006	-12.1
Resinas sintéticas	1,911,521	2,268,431	18.7
Adhesivos	36,114	38,646	7
Pigmentos y Colorantes	101,350	110,416	8.9

Fuente: Estadísticas ANIQ 2006

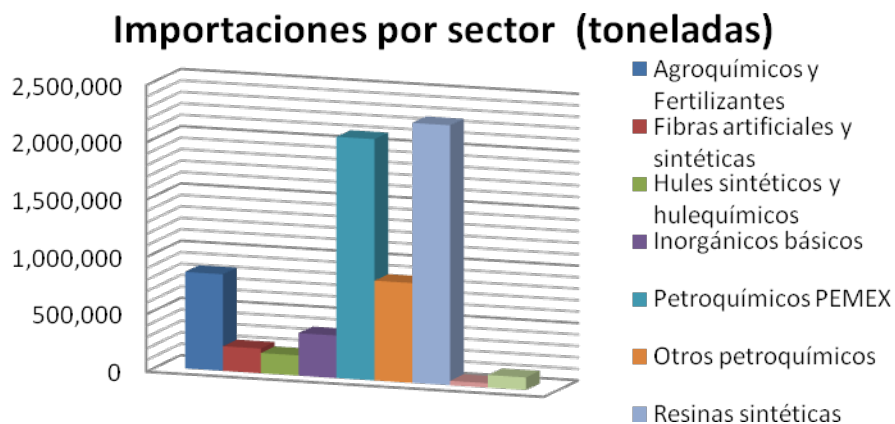


Figura 1.6. Datos estadísticos de las importaciones de productos químicos en México.

1.3.2 Exportaciones por sector (Toneladas)

SECTOR	2005	2006	%
Agroquímicos y Fertilizantes	10,234	99,803	875.2
Fibras artificiales y sintéticas	188,962	104,885	-44.5
Hules sintéticos y hulequímicos	223,143	252,130	13
Inorgánicos básicos	1,083,855	846,782	-21.9
Petroquímicos PEMEX	301,975	268,806	-11
Otros petroquímicos	739,248	771,186	4.3
Resinas sintéticas	813,248	905,944	11.4
Adhesivos	6,393	8,438	32
Pigmentos y Colorantes	139,536	137,279	-1.6

Fuente: Estadísticas ANIQ 2006

Exportaciones por sector (toneladas)

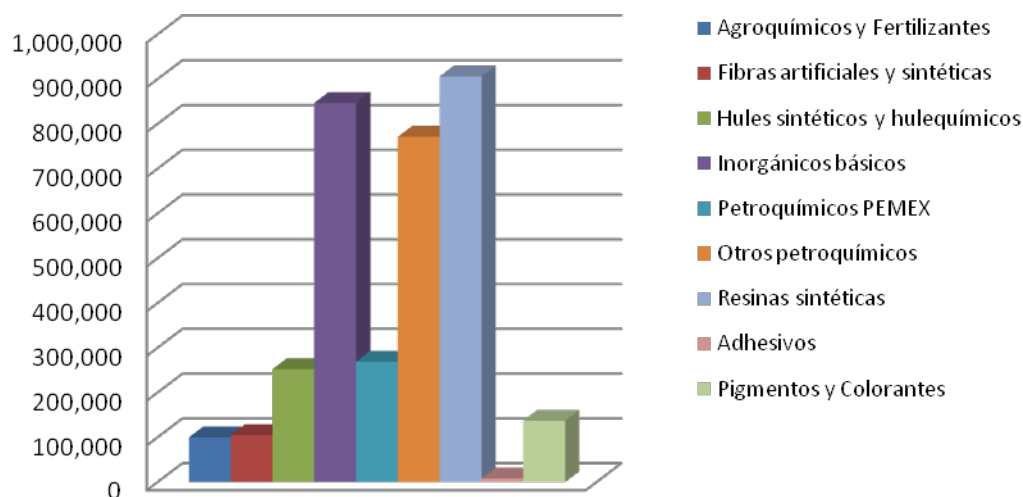


Figura 1.7 Datos estadísticos de las exportaciones de productos químicos en México.

Hay que reconocer que la industria química es la industria más globalizada de todas las industrias del mundo, con intercambios comerciales por 1.5 billones de dólares, ya que sus productos se mueven por todo el mundo con enorme facilidad y con precios que se definen muchas veces, en términos globales, en los mercados de Asia o Europa.

1.4 INVERSION FINANCIERA ACTUAL

Inversión Financiera a la industria química (millones de pesos)

<i>Proyecto</i>	<i>2000</i>	<i>2001</i>	<i>2002</i>	<i>2003</i>	<i>2004</i>	<i>2005</i>
Sector público						
Ampliación de capacidad instalada	408	173	843	1030	364	551
Nuevas Plantas	22	30	1532	1,457	1,458	1,456
Reposición de equipo	240	458	88	411	415	483
Proyectos ecológicos	2,142	986	109	243	83	148
Otros	1,735	1,841	731	1,856	336	2,053
Sector privado						
Ampliación de capacidad instalada	444	339	279	218	313	716
Nuevas Plantas	883	273	490	725	64	426
Reposición de equipo	708	608	177	291	240	429
Proyectos ecológicos	72	358	77	73	118	179
Otros	157	189	182	168	405	537

Tabla 1.1 Datos estadísticos de las inversiones hechas en la industria química en México.

Fuente: *La Industria Química en México*, Serie de estadísticas Sectoriales, Edición 2006 INEGI, México 2006.

1.5 INDUSTRIA PETROQUÍMICA

La acelerada transformación que ha presentado la industria petroquímica internacional, por la integración de empresas y mercados, así como por una mayor competencia y evolución tecnológica, se traduce en importantes retos para la industria petroquímica nacional, como el aprovechamiento de las ventajas comparativas que tiene México para la reactivación de las cadenas productivas del amoniaco, cloruro de vinilo, aromáticos, etileno y propileno.

La industria petroquímica procesa materias primas y obtiene una serie de derivados del petróleo; abastece a una gran variedad cadenas productivas que, entre sí, cubren la demanda mundial y su uso final deriva en: fertilizantes, plásticos, resinas, solventes, fibras sintéticas, pesticidas, medicinas, farmacéuticos y artículos para el hogar, entre otros.

Actualmente la industria petroquímica domina la mayor parte de la producción de químicos. El metanol, el amoniaco, las olefinas y los aromáticos son considerados

como precursores de los petroquímicos de primer nivel La capacidad instalada de la industria petroquímica aumentó en 0.4% durante el 2005, llegando a 35,216,008 toneladas anuales, mientras que en 2004 fue de 35,070,804 toneladas.

Lo anterior, debido a los incrementos registrados principalmente en químicos aromáticos, plaguicidas, aditivos para alimentos, plastificantes, adhesivos, resinas sintéticas y agentes tensoactivos.

En 2005 se registró un déficit en la balanza comercial para toda la industria petroquímica de 8,964,285 toneladas, 3.8% mayor respecto a 2004.

En ese mismo año las industrias petroquímicas, públicas y privadas, invirtieron un total de 6,778 millones de pesos, observándose un incremento de 78.6% respecto a los 3,794 millones de pesos declarados en 2004.

La inversión del sector público en 2005 aumentó 76.7% respecto a lo reportado en 2004. En el sector privado, las inversiones en 2005 aumentaron 83.1% con relación al año anterior

Entre 2004 y 2005 el personal ocupado en las empresas petroquímicas disminuyó 6.0%. La industria privada lo redujo 6.1%, mientras que la industria pública lo disminuyó en 5.9% .

Plantas Petroquímicas en operación por entidad federativa

Entidad federativa	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Total	471	471	471	471	471	250
Chiapas	9	9	9	9	9	0
Distrito Federal	74	74	74	74	74	12
Durango	17	17	17	17	17	4
Guanajuato	23	23	23	23	23	16
Hidalgo	8	8	8	8	8	17
Jalisco	21	21	21	21	21	21
México	126	126	126	126	126	63
Morelos	12	12	12	12	12	ND
Nuevo León	32	32	32	32	32	25
Puebla	20	20	20	20	20	13
Querétaro	14	14	14	14	14	15
Tamaulipas	25	25	25	25	25	26
Tlaxcala	9	9	9	9	9	25
Veracruz	81	81	81	81	81	61

Tabla 1.2 *Plantas Petroquímicas en operación por entidad federativa*
Fuente: Anuario Estadístico de PEMEX. Ediciones 2000-2004.

Infraestructura de PEMEX refinación



Figura 1.8 Datos estadísticos de las plantas petroquímicas operantes en México.

Regionalización de Consumo de petrolíferos

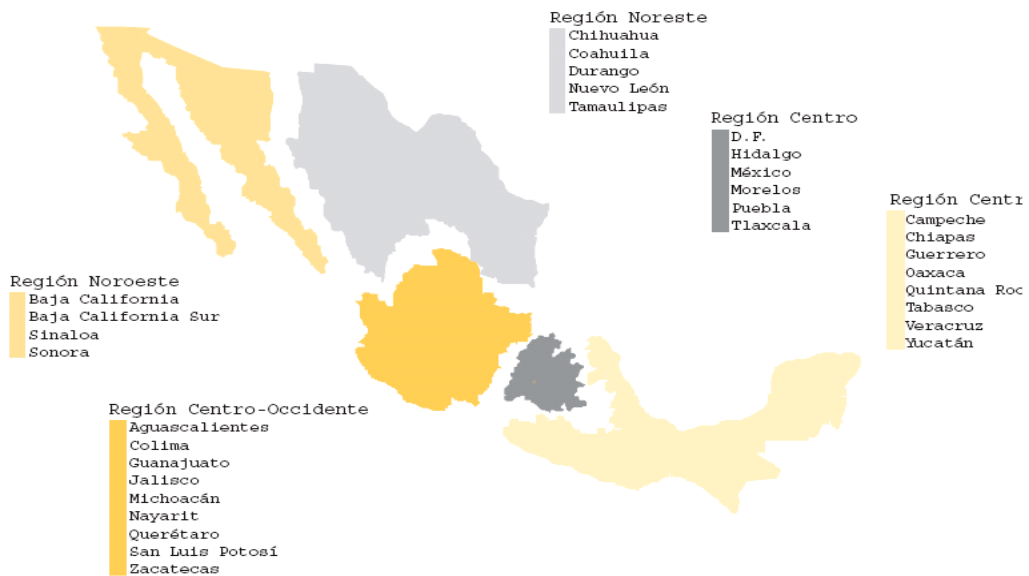


Figura 1.9 Regionalización de plantas petrolíferas PEMEX.

Fuente: Anuario Estadístico de PEMEX. Ediciones 2000-2004.

Elaboración total de Productos Petroquímicos (miles de toneladas)

	Acetal- dehído	Amo- niaco	Bence- no	Cloruro de Vinilo	Etilben- -ceno	Etileno	Oxido de etileno	Polieti- leno HD	Polieti- leno LD	Propile- no	Tolueno
2002	51	680	107	158	140	990	302	147	284	315	183
2003	57	534	114	113	114	982	312	158	271	360	235
2004	5	681	136	63	179	1007	299	181	262	416	214
2005	0	514	160	159	155	1085	321	169	296	380	253
2006	0	592	135	209	156	1128	361	167	352	340	203

Tabla 1.3 Elaboración total de Productos Petroquímicos

Fuente: Anuario Estadístico de PFMEX Ediciones 2000-2004

1.6 CONSUMO DE ENERGÉTICOS EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

Según las cifras del balance nacional de energía 2005, elaborado por la Secretaría de Energía, el consumo de la industria química durante el año 2005 fue de 120.4 PJ*, cifra equivalente al 9.6% del total industrial, disminuyendo 0.4% con respecto al 2004.

El energético más demandado fue el gas seco con 65.2% del consumo de la rama, le siguen la electricidad con 14.8%, el combustóleo con 12.2%, el coque de petróleo con 4.1%, el diesel con 3.2% y el gas licuado con 0.5%.

La industria química y petroquímica en conjunto representa un 30% del consumo global a nivel industrial, y es causante del 16% del total de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Cuadro de consumo de energéticos Industria Química Mexicana (2000 a 2004)

Química	2000	2001	2002	2003	2004
Coque de petróleo	ND	0.47	0.547	3.231	1.439
Gas licuado	0.774	0.65	0.617	0.639	0.643
Diesel	4.946	4.153	3.864	3.999	4.027
Combustóleo	38.107	31.996	27.264	15.088	15.193
Gas natural	85.17	69.843	68.658	71.061	78.784
Electricidad	21.878	18.369	17.653	18.271	18.397

Tabla 1.4 Consumo de energéticos Industria Química Mexicana (2000 a 2004)

Fuente INEGI www.inegi.gob.mx, estadísticas de consumo de energía por sector industrial.

*1PJ= 1X10¹⁵ Joules

Capítulo II

ORIGEN Y USO DE LAS FUENTES DE ENERGÍA EN MÉXICO

Para la realización de este capítulo, se obtuvieron datos estadísticos del Balance nacional de Energía en su última edición (2005). Este registra la producción, exportación, importación, transformación, pérdidas y consumo de la energía en México, mostrando el origen y destino final por fuente de energía. Esta publicación cumple, en el sector energético, un papel similar a la matriz de insumo-producto en el sector económico, facilitando la evaluación sobre la dinámica de la oferta y demanda de energía.

En México se cuenta con un gran número de fuentes de energía, aunque se puede dividir en dos grandes segmentos, las fuentes renovables, y las no renovables.

*No Renovables:*¹

Son energéticos derivados de las fuentes primarias, y se obtienen en los centros de transformación, con características específicas para su consumo final. Estos productos son el coque, gas licuado de petróleo, gasolinas-naftas, querosenos, diesel, combustóleo, productos no energéticos derivados de los hidrocarburos, gas natural y electricidad.

*Renovables:*¹

Se llama energía renovable a la que, administrada en forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente ya que su cantidad disponible no disminuyen a medida en que ésta se aprovecha.

También se puede dividir en dos ramas generales, la energía proveniente por petróleo y sus derivados, y la obtenida por generación mecánica, teniendo entre sí cierta interacción para la generación y procesamiento de cada una de ellas.

2.1 FUENTES PRINCIPALES DE ENERGÍA EN MÉXICO

Una fuente de energía es aquella que produce energía útil directamente o por medio de una transformación y se clasifica en primaria y secundaria.

¹ Fuente: Fuentes de energía, Subsecretaría de planeación energética y desarrollo tecnológico, secretaría de Energía, México 2007.

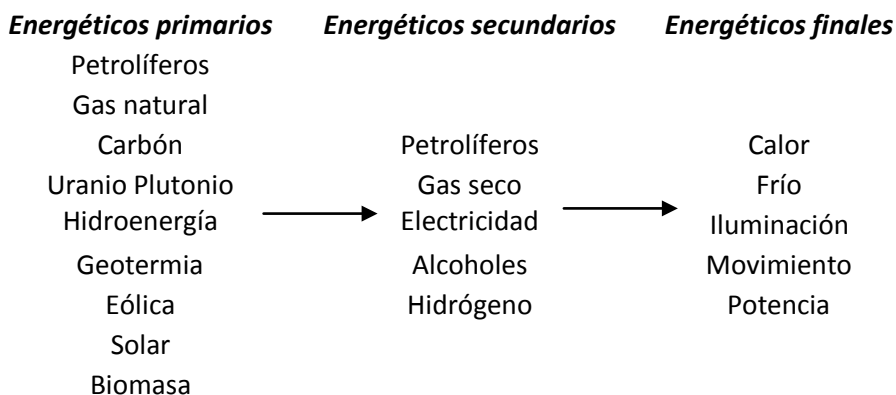


Figura 2.1 División categórica de energéticos

Fuente: Prospectiva tecnológica del sector energía para el siglo XXI, Secretaría de Energía / Universidad Autónoma Metropolitana, 2003.

2.1.1 Fuentes primarias ²

Corresponde a las distintas fuentes de energía tal y como se obtienen de la naturaleza, ya sea en forma directa o después de un proceso de extracción.

Los recursos energéticos se utilizan como insumo para obtener productos secundarios o se consumen en forma directa, como es el caso de la leña, el bagazo de caña y una parte del gas natural no asociado.

Se consideran diez fuentes primarias de energía: carbón mineral, petróleo crudo, condensados, gas natural, nucleoenergía, hidroenergía, geoenergía, energía eólica, bagazo de caña y leña.

- ***Carbón mineral***

Combustible sólido, de color negro o marrón, que contiene esencialmente carbono y pequeñas cantidades de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y otros elementos. Proviene de la degradación de organismos vegetales durante un largo periodo de tiempo.

- ***Petróleo crudo***

Líquido aceitoso de color café oscuro que se presenta como un fluido viscoso y se le encuentra almacenado en el interior de la corteza terrestre.

Los campos productores de petróleo y gas natural más importantes de México se ubican en tres regiones del país, la Región Norte, la Región Sur, y la Región Marina

2. Fuente: Balance nacional de energía 2005, Secretaría de Energía, México.

(Sección Noreste, y la Sección Suroeste). En el 2003, la Región Marina Sección Noreste produjo 2380.9 miles de barriles diarios de petróleo pesado, 35.4 miles de barriles diarios de petróleo ligero y 940.5 Millones de pies cúbico diarios de gas natural, la Región Marina Sección Suroeste produjo 397.6 miles de barriles diarios de petróleo ligero, y 581.3 Millones de pies cúbicos de gas natural. La Región Sur produjo 43.9 miles de barriles diarios de petróleo ligero, 439.4 miles de barriles diarios de petróleo superligero y 1630.0 Millones de pies cúbicos diarios de gas natural, y la Región Norte produjo 38.1 miles de barriles diarios de petróleo pesado, 35.5 miles de barriles de petróleo ligero, y 1346.7 Millones de pies cúbicos diarios de gas natural.

En México, para el mercado de exportación, se preparan cuatro variedades de petróleo, con las siguientes calidades típicas:

Calidad de petróleo crudo nacional	Calidad de petróleo crudo internacional (algunos ejemplos)
<p>Altamira. Petróleo crudo pesado con densidad de 16.8° API y con un contenido de 5.5% de azufre.</p> <p>Maya. Petróleo crudo pesado con densidad de 22° API y con un contenido de 3.3% de azufre.</p> <p>Istmo. Petróleo crudo ligero con densidad de 33.6° API y 1.3% de azufre.</p> <p>Olmecca. Petróleo crudo muy ligero con densidad de 39.3° API y 0.8% de azufre.</p>	<p>Canadon Seco. Petróleo Argentino, densidad de 25.7°API, y un contenido de azufre del 0.20%.</p> <p>Marlim Petróleo crudo brasileño 20.0°API y contenido de azufre del 2.0%.</p> <p>West Texas Intermediate. Petróleo Crudo texano (estados unidos), 38.7°API, y contenido de azufre del 0.45%</p> <p>Basrah Light Petróleo Crudo Iraquí, con densidad de 33.7°API y con contenido de azufre del 1.95%.</p> <p>Kirkuk Crudo Iraquí extra pesado de 5.1°API contenido de azufre del 1.97%.</p> <p>Arab Super Light. Crudo Árabe súper ligero de 50.6°API y contenido de azufre de azufre del 0.04%.</p> <p>Arab Heavy Petróleo Crudo Árabe de 28.7°API y contenido de azufre del 2.79%.</p> <p>Tempa Rossa Petróleo Italiano de 20.4°API y contenido de azufre del 5.44%.</p>

Figura 2.2 Cuadro comparativo de calidades del crudo.

Fuente: The international Crude Oil Market Handbook, Ed. Energy Intelligence, Estados Unidos 2007.

El petróleo crudo se utiliza como materia prima para su proceso en refinerías y para su fraccionamiento en derivados.

	Densidad (g/cm³)	Densidad (°API)**
Extrapesado	más de 1.0	10
Pesado	1- 0.92	10-22.3
Mediano	0.92 - 0.87	22.3-31.1
Ligero	0.87 – 0.83	31.1-39
Superligero	menos de 0.83	más de 39

Densidad API. Escala normalizada por el Instituto Estadounidense del Petróleo (American Petroleum Institute) utilizada en la industria petrolera mundial para expresar la densidad de los hidrocarburos líquidos

Tabla 2.1 Tablas de densidades típicas del petróleo crudo

Fuente: Balance nacional de energía 2005, México.

- **Condensados**

Compuestos líquidos que se recuperan en instalaciones de separación de los campos productores de gas. Se incluyen líquidos recuperados en gasoductos, los cuales se condensan durante el transporte del gas natural. Se componen básicamente de pentanos y líquidos más pesados.

Por su contenido de azufre, los condensados se clasifican en:

- . *Amargos.* Condensados sin la eliminación de los gases ácidos que acompañan a los hidrocarburos extraídos de los yacimientos.
- . *Dulces.* Condensados que han sido tratados en plantas para eliminar los gases ácidos.

Los condensados son enviados a refinerías y plantas de gas para su proceso y fraccionamiento en derivados.

- **Gas natural**

Es una mezcla de hidrocarburos parafínicos ligeros, con metano como su principal constituyente y pequeñas cantidades de etano y propano; tiene proporciones variables de gases no orgánicos como nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico.

El gas natural puede encontrarse asociado con el petróleo crudo o independiente en pozos de gas seco. Es utilizado en los sectores residencial, industrial y en la generación de electricidad.

- ***Nucleoenergía***

Energía contenida en el mineral de uranio después de pasar por un proceso de purificación y enriquecimiento. Se considera energía primaria únicamente al contenido de material fisionable del uranio, el cual se usa como combustible en los reactores nucleares.

- ***Hidroenergía***

Se refiere a la energía obtenida por medios mecánicos, impulsados por energía potencial de un caudal hidráulico. México es poseedor de una de las más grandes hidroeléctricas en Latinoamérica nombrada “El Cajón”, ubicada dentro del Sistema Hidrológico Santiago, en el estado de Nayarit, y cuenta con una generación media anual de 1 mil 228 Gwh, igual a 1.5 veces el consumo anual del estado de Nayarit

- ***Geoenergía***

Energía almacenada bajo la superficie de la tierra en forma de calor, y que emerge a la superficie en forma de vapor.

- ***Energía eólica***

Energía que se obtiene mediante un conjunto turbina-generador accionado por la fuerza del viento.

- ***Bagazo de caña***

Fibra que se obtiene después de extraer el jugo de la caña en los ingenios azucareros y que se utiliza como energético y que se utiliza como combustible para generar electricidad en los propios ingenios azucareros.

- ***Leña***

Se considera así a la energía que se obtiene de los recursos forestales y se utiliza en forma directa en el sector residencial para cocción de alimentos y calefacción. Incluye troncos, ramas de árboles y arbustos, pero excluye los desechos de la actividad maderera.

2.1.2 Fuentes secundarias ³

Son energéticos derivados de las fuentes primarias y se obtienen en los centros de transformación, con características específicas para su consumo final. Estos productos son coque de carbón, coque de petróleo, gas licuado de petróleo, gasolinas y naftas, querosenos, diesel, combustóleo, gas seco y electricidad.

- **Coque de carbón**

Combustible sólido, con alto contenido de carbono, obtenido de la destilación del carbón siderúrgico. Se clasifica de acuerdo con su tamaño en metalúrgico, nuez y fino; las tres variedades se obtienen en hornos de recuperación. El coque imperial es un producto especial obtenido en hornos de colmena a partir de la mezcla de carbón lavado. Se utiliza en la industria siderúrgica.

- **Coque de petróleo**

Es un combustible sólido y poroso, de color que va del gris al negro, aproximadamente con 92% de carbono y 8% de ceniza, que se obtiene como residuo en la refinación del petróleo. El coque producido en las refinerías es conocido como coque sin calcinar o coque verde, ya que aún contiene residuos de elementos volátiles. Éste se puede convertir en coque calcinado que posee alta resistencia, alta densidad y baja porosidad. El coque calcinado se obtiene al introducir la materia prima en un horno cilíndrico refractario a 1,300 °C. Las industrias utilizan principalmente como energético el coque sin calcinar, mientras que el calcinado se usa más como materia prima.

- **Gas licuado de petróleo (gas LP)**

Combustible que se obtiene de la destilación del petróleo y del tratamiento de los líquidos del gas natural. Se compone principalmente de propano, butano, o una mezcla de ambos. Se utiliza principalmente en el sector residencial, comercial y para el transporte en vehículos para personas y carga.

- **Gasolinas y naftas**

Combustible líquido liviano, con un rango de ebullición entre 30 y 200 °C, que se obtiene de la destilación del petróleo y del tratamiento del gas natural. Dentro de este rango se consideran las gasolinas de aviación, automotrices, naturales y las naftas.

3. Fuente: Balance nacional de energía 2005, Secretaría de Energía, México, 2006

- . *Gasolina de aviación*. Mezcla de naftas reformadas de elevado octanaje, alta volatilidad y estabilidad, y un bajo punto de congelamiento. Se usa en aviones de motores de pistón.
- . *Gasolina automotriz*. Mezcla de naftas relativamente volátiles con especificaciones para su uso en motores de combustión interna del tipo automotriz.
- . *Gasolina natural*. Producto del procesamiento de gas natural. Sirve como materia prima en la industria petroquímica o se mezcla directamente con las naftas.
- . *Nafta*. Es un producto del procesamiento del petróleo y del gas natural. Se emplea como materia prima en la industria petroquímica, como solvente en la manufactura de pinturas y barnices, y como limpiador en la industria.

- **Querosenos**

Combustible líquido compuesto por la fracción del petróleo que se destila entre 150 y 300 °C. Los querosenos, según su aplicación, se clasifican en dos grupos:

Turbosina. Combustible con un grado especial de refinación que posee un punto de congelación más bajo que el querosén común y se utiliza en el transporte aéreo para motores de turbina.

Otros querosenos. Querosén común, que se utiliza para cocción de alimentos, alumbrado, motores, equipos de refrigeración, como solvente para asfaltos e insecticidas de uso doméstico.

- **Diesel**

Combustible líquido que se obtiene de la destilación del petróleo entre los 200 y 380 °C. Es un producto para uso automotriz e industrial; se emplea principalmente en motores de combustión interna tipo diesel, indispensable para medios de transporte dentro de cualquier tipo de industria, ya sean camiones, montacargas, autobuses, etc.

- **Combustóleo**

Combustible residual de la refinación del petróleo. Abarca todos los productos pesados; se utiliza principalmente en calderas, plantas de generación eléctrica y motores para navegación, y se divide en combustóleo pesado, ligero e intermedio.

- **Gas seco**

Hidrocarburo gaseoso obtenido como subproducto del gas natural en plantas de gas y refinerías después de extraer los licuables; se forma por metano y pequeñas cantidades de etano.

El gas seco es apropiado para su utilización como materia prima. Se emplea en la petroquímica básica de Pemex, donde se produce principalmente metanol y amoníaco (producto básico en la industria de los fertilizantes). Asimismo, se utiliza como combustible en los sectores industrial (incluido el petroquímico), residencial y en centrales eléctricas.

- **Electricidad^t**

Energía transmitida por electrones en movimiento. Este rubro incluye la energía eléctrica generada por el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y los Productores Independientes de Energía.

Entre 2004 y 2005 la producción de electricidad primaria a partir de fuentes renovables (hidroenergía, geoenergía y eólica) se incrementó en 9.6%, elevando su contribución respecto a la producción de total de energía primaria de 3.1% en 2004 a 3.6% en 2005. La producción de hidroenergía y geoenergía creció en 2005 9.5% y 10.3%, respectivamente.

La generación de energía eléctrica en la Comisión Federal de Electricidad se realiza en centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas y nucleares.

Al cierre del mes de junio de 2007, la CFE contó con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 49,834.29 Megawatts, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- 27 termoeléctricas que producen 46,000 MW,
- 65 plantas hidroeléctricas que producen 11,044.98 MW
- 2 plantas carboeléctricas que producen 2,600.00 MW
- 7 plantas geotermoeléctricas produciendo 959 MW;
- 1,364.88 MW producidos en la planta nucleoeléctrica de Laguna Verde
- 85.48 MW en centros de producción eoloeléctricos ubicados en Baja California Sur y Oaxaca

Además de contar con plantas generadoras por medio de Diesel (31), Turbogas (4), de Ciclo Combinado (12), e independientes (21).

Tensión de suministro:

- Baja tensión: tensión menor a 1000 volts
- Media tensión: entre 1 y 35kV
- Alta tensión (nivel subtransmisión): entre 35 y 220 kV de tensión
- Alta tensión (nivel transmisión): tensión mayor a 220 kV

2.2 ESTADÍSTICAS GENERALES DE PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE ENERGÍA EN MÉXICO⁴

En México poco más del 75% de los energéticos proviene de recursos no renovables, hidrocarburos y carbón.

En el año 2005 la producción nacional de energía primaria totalizó 9,819.7 petajoules (PJ), cifra 5.5% inferior respecto al 2004. El decremento se debió, en términos generales, a la menor producción de petróleo crudo; la cual disminuyó 9.8% de 2004 a 2005. Lo anterior como resultado del menor poder calorífico reportado por Petróleos Mexicanos para la mezcla de crudo, el cual observó una caída de 8.2% y a la menor producción de petróleo crudo en términos de volumen. En cuanto al resto de los hidrocarburos, se observan incrementos en condensados (3.0%) y en gas natural (4.3%).

Por su parte, la electricidad primaria aumentó 11.4% en 2005, explicado principalmente por el incremento en la producción de nucleoenergía (17.1%), geoenergía (10.3%) e hidroenergía (9.5%). La biomasa creció 3.3% como resultado de la mayor producción de bagazo de caña.

Los hidrocarburos se mantuvieron como la principal fuente en la producción de energía primaria. En términos de estructura, disminuyeron su participación de 90.8% en 2004 a 89.4% en el 2005, debido fundamentalmente al decremento de la producción de petróleo crudo.

Durante 2005, la hidroenergía participó con 59.2% de la producción de electricidad primaria con 278.4 PJ, contra el 60.3% del 2004; la nucleoenergía representó 25.1% con 117.9 PJ; la geoenergía 15.7% con 73.6 PJ y la energía eólica con 0.1 PJ, siendo ésta última poco significativa.

La biomasa se ubicó en 351.0 PJ, cifra 3.3% mayor a la de 2004. Esta fuente incrementó su participación de 3.3% en 2004 a 3.6% en 2005 respecto al total de la producción de energía primaria.

El incremento de 8.6% en la producción de carbón mineral permitió que en 2005 incrementara su participación a 2.2% del total de la producción de energía primaria. Lo anterior por el incremento en la producción de carbón térmico, que pasó de 8,147 miles de toneladas en 2004 a 8,962.9 en 2005, y de carbón siderúrgico, de 1,735.4 miles de toneladas en 2004 a 1,791.6 en 2005.

Durante 2005 la producción de crudo Maya fue equivalente al 71.6% del total de la producción nacional de petróleo crudo, mientras que en 2004 fue del 72.7%. La de crudo ligero fue de 24.1% en 2005, contra el 23.3% de 2004.

El crudo superligero incrementó su participación de 4.0% en 2004 a 4.3% en 2005. La producción de petróleo crudo se concentró, en mayor medida, en las regiones marinas Noroeste y Suroeste, especialmente en los campos de Akal-Nohoch, Ku-Maloob-Zaap, Caan, Chuc, Abkantún y Taratunich, con una aportación del 82.6%; seguidos por la región sur con 14.9% (principalmente en los campos Puerto Ceiba, Samaria, Iride y Jujo) y la región Norte con 2.5% en los campos de Poza Rica, Arenque y Agua Fría.

La producción de gas natural se concentró en las regiones Norte y Sur, en las cuales que se obtuvo el 38.1% y el 29.1% del total, respectivamente. En las regiones marinas se produjo el restante 32.8%.

Producción de energía primaria (PJ)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Carbón	226.702	223.201	220.268	192.888	198.847	215.998
Hidrocarburos	8,644.733	8,766.601	8,719.079	9,223.431	9,429.715	8,782.752
Petróleo crudo	6,619.787	6,811.686	6,798.976	7,228.465	7,432.559	6,702.647
Condensados	130.705	137.659	121.988	153.169	178.345	183.670
Gas natural	1,894.241	1,817.256	1,798.115	1,841.797	1,818.811	1,896.435
Electricidad primaria	493.510	445.724	422.344	381.646	421.809	469.969
Nucleoenergía	90.331	96.699	106.972	114.871	100.634	117.880
Hidroenergía	342.066	291.822	259.054	205.059	254.391	278.434
Geoenergía	61.030	57.132	56.246	61.664	66.722	73.604
Energía eólica	0.083	0.071	0.072	0.052	0.061	0.050
Biomasa	337.943	342.354	337.461	337.694	339.806	350.996
Bagazo de caña	88.037	92.996	88.646	89.417	92.063	103.780
Leña	249.906	249.358	248.815	248.277	247.743	247.216

Tabla 2.2 Producción de energía primaria por fuente de energía.

Fuente: *Balance nacional de energía 2005*, SENER 2005

4. *Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014*, Secretaría de Energía, México 2006.

Producción nacional de Combustibles (mbpd)

Año	Gasolinas	Diesel	Combustóleo	Gas Licuado
1996	49.00	45.00	61.00	262.0
1997	388.33	275.41	426.22	274.00
1998	411.92	289.96	445.79	244.57
1999	442.49	279.81	427.92	247.17
2000	466.29	279.75	422.58	244.84
2001	390.24	281.62	435.87	246.29
2002	398.19	266.90	449.56	244.05
2003	445.18	307.78	396.51	255.34
2004	466.09	324.68	368.31	259.85
2005	455.12	318.19	350.81	246.02
2006*	454.80	323.69	330.90	248.36

Tabla 2.3 Producción nacional de combustibles (*cifras a julio 2006)

Fuente: 1990 - 1997 Memoria de Labores de Pemex, 1997 - 2005 Programa Operativo Anual de Pemex

2.2.1 Centros de transformación ⁵

Para el año 2005, la capacidad de destilación primaria en refinación de crudo, reportada por PEMEX, totalizó 1,540 miles de barriles diarios distribuidos en seis refinerías. Para el procesamiento de gases naturales y condensados se tuvo una capacidad instalada de 350 millones de pies cúbicos diarios (Mpcd) de absorción y 4,992 Mpcd en plantas criogénicas, al lo largo de la república.

En el sector carbonífero funcionan cuatro plantas coquizadoras con recuperación de productos y dos con hornos de colmena con una capacidad total instalada de 3.5 millones de toneladas, instalaciones de las que se obtuvo el coque empleado en la industria siderúrgica y minero metalúrgica.

2.2.2 Consumo Energético por Sector industrial ⁶

El consumo total del sector industrial en México fue de 1,253.5 PJ en 2005, cifra superior en 0.4% a los 1,249.0 PJ de 2004. De este total, 32.1% correspondió al gas seco, 28.3% a la electricidad, 11.1% al combustóleo, 8.0% al bagazo de caña, 8.6% al coque de petróleo, 5.5% al coque de carbón, 3.2% al diesel, 2.8% al gas licuado, 0.4% al carbón y la participación de los querosenos fue poco significativa.

	Carbón	Bagazo de caña	Coque de carbon	Coque de petróleo	Gas LP	Diesel	Combustóleo	Gas seco	Electricidad
Petroquim PEMEX	0	0	0	0	0	0.315	5.104	22.215	0
Siderúrgicos	0	0	62.793	0	0.005	0.791	11.51	122.812	26.359
Química	0	0	0	4.977	0.622	3.891	14.681	78.427	17.778
Azúcar	0	100.10	0	0	0	0.026	16.239	0	0.337
Cemento	4.913	0	0	71.988	0	0.25	41.801	6.728	17.761
Minería	0	0	5.582	0	2.562	4.41	7.149	28.905	19.271
Celulosa y papel	0	0.243	0	0	0.308	0.91	14.014	14.75	9.657
Vidrio	0	0	0	0.642	0.099	0.113	5.107	26.261	4.114
Fertilizantes	0	0	0	0	0	0.114	0	3.548	0.773
Hule	0	0	0	0	0.006	1.233	0.699	4.314	1.657

Tabla 2.4 Consumo energético por sector industrial

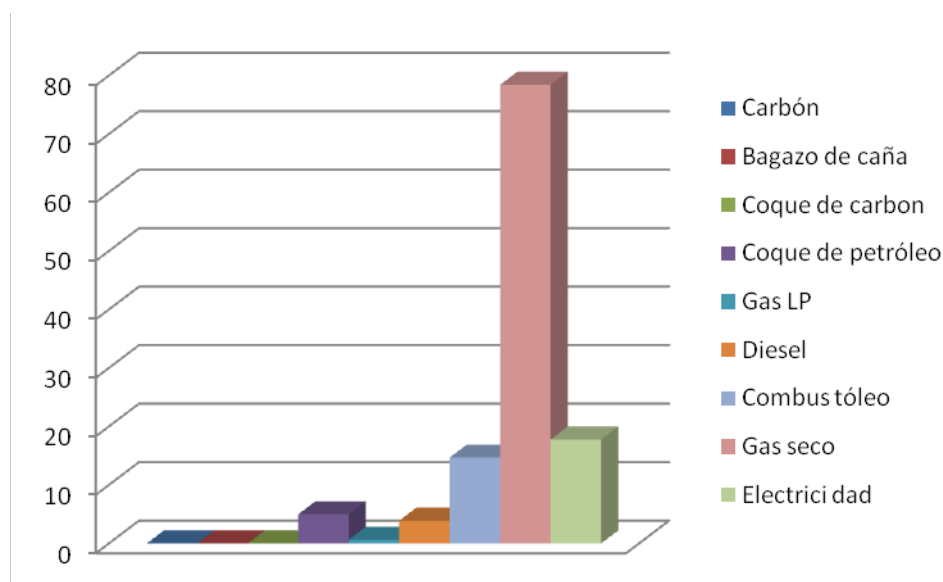
Fuente: Información estadística por sector industrial, INEGI www.inegi.gob.mx

Figura 2.3 Consumo energético de la industria química por tipo de fuente.

5. 1997 - 2005 Programa Operativo Anual de Pemex

6. Información estadística por sector industrial INEGI, <http://www.inegi.gob.mx>.

Capítulo III

USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE.

3.1 PANORAMA GENERAL¹

La energía constituye un insumo vital para el desarrollo del país, sin embargo, su producción, transporte y consumo habitualmente presenta impactos ambientales de diferentes niveles, y cuyos efectos pueden ser de carácter local o global.

El crecimiento de la economía nacional, es un factor que inevitablemente lleva a un aumento del consumo energético presionando por un aumento de la oferta energética disponible. Esto se traduce en mayores conflictos ambientales derivados de la generación, distribución y uso de la energía.

El incorporar variables de sustentabilidad en el desarrollo del sistema energético, requiere encontrar un balance entre el abastecimiento de la creciente demanda de energía, con una protección efectiva del medio ambiente, que permita asegurar el derecho de las generaciones futuras por vivir en un medio ambiente sano y libre de contaminación, y al mismo tiempo, alcanzar mejores niveles en la calidad de vida y de un mayor progreso para las actuales generaciones de nuestro país.

Actualmente existe un interés general en los sectores productivos nacionales e internacionales por disminuir sus costos de producción y lograr avances considerables en el campo tecnológico. Una de las formas de lograrlo es abatir sus costos por consumo de energía que representan un insumo considerable. En ello radica la importancia de establecer políticas de ahorro y conservación de la energía.

México enfrenta el desafío de mantener un crecimiento económico por encima del demográfico. En este proceso, la disponibilidad de energía será un requisito necesario para el desarrollo de actividades productivas, por lo que su papel será crucial para asegurar la competitividad de la economía mexicana a largo plazo.

Se ha comprobado que la eficiencia energética es una alternativa muy rentable para el ahorro de energía y se estima que es posible ahorrar más del 20% de la energía que se consume hoy en el mundo, con costos menores o iguales a lo que cuesta producirla.

¹ Balance nacional de energía 2005, Secretaría de Energía, México.

Durante 2005 la intensidad energética mantuvo su tendencia a la baja, reflejando mejores niveles de eficiencia. Por su parte, se incrementó la participación de la producción de electricidad primaria a partir de fuentes renovables (hidrógeno, geotermia y energía eólica) respecto a la producción nacional de energía, con la consecuente disminución de emisiones a la atmósfera.

La energía se transforma de una a otra aunque este proceso no siempre es fácil, ni tampoco todas las conversiones son igual de costosas. Al contrario, muchas transformaciones energéticas implican pérdidas importantes, es decir en ninguna transformación energética se puede aprovechar el 100% de la energía original. Por ello, cuantas más transformaciones se efectúen entre la forma original de la energía y la de su uso final, más energía se pierde, traduciéndose en un aumento en el costo de producción y transporte de la misma, reflejándose en aumento de tarifas y mayor emisión de gases contaminantes conocidos como GEIs o gases de efecto invernadero.

Elegir correctamente las fuentes de energía para su uso final, evitar transformaciones no estrictamente necesarias y aprovechar lo hasta ahora considerado como pérdidas energéticas, reduce drásticamente la energía primaria que se precisa para obtener la misma cantidad y calidad de energía final útil. Alrededor del 50% de la energía primaria se pierde en transformaciones, transporte y distribución de la energía. La producción de ésta lleva asociada una problemática muy diversa en cuanto a sus efectos en el medio ambiente.

Ya en el año 2000 a.C., la cultura china utilizaba masivamente el carbón, los babilonios el asfalto y el petróleo crudo y los pueblos del Oriente Medio el gas natural, como combustibles. Estas aplicaciones primarias iniciaron su industrialización en el siglo XVII, y desde entonces, los esfuerzos de optimación han ido acompañados de la reducción de los niveles de contaminación, la seguridad y la eficacia.

El siglo XX ha sido un siglo marcado por la preocupación hacia el medioambiente. En 1972, el "Informe Meadows"², que toca el tema de la eficacia como factor clave en la producción energética, se convirtió en el primer estudio de ámbito global sobre las relaciones entre crecimiento, tecnología y medio ambiente. En él se aseguraba que el desarrollo no se puede basar en el crecimiento económico, sino en la renovación de los recursos que consumimos a una velocidad suficiente para que permita un desarrollo futuro. La idea principal en la teoría de Meadows es que podemos producir tanto o más, usando menos.

La ONU, en el "El Informe Mundial de la Energía" en el 2002 en la ciudad de Johannesburgo, avisa de los riesgos que conlleva cualquier modelo de desarrollo económico basado en el uso ineficiente del petróleo, del gas natural y del carbón.

Es por ello que gobiernos y administraciones empiezan a ver la importancia de cubrir las necesidades energéticas con otros recursos diferentes a los fósiles y hacer un uso extensivo de las energías alternativas: solar, eólica, geotérmica, hidráulica y biomasa. Todos los agentes sociales, tecnológicos e industriales han reconocido la importancia de hacer fuerte un desarrollo mundial equilibrado y sostenible y para ello necesitan desarrollar el uso de las energías renovables.

Dentro del ramo industrial hay algunos sectores en donde la incidencia de los costos energéticos tiene un peso superior que en otros como, por ejemplo, en **el sector químico**, de productos minerales no metálicos y el siderúrgico.

Cerca de la tercera parte del consumo energético mundial y el 36% de emisiones de CO2 se atribuyen a la industria manufacturera o primaria, como el la industria química, petroquímica, siderúrgica, cemento, papel entre otros, y se puede observar un aumento en el consumo de este insumo de un 61% de los años 70 a la fecha.

Aunado a esta situación, en la gran mayoría de las compañías, de procesos químicos en este caso, su atención radica en minimizar los costos mientras que los efectos secundarios al medio ambiente son ignorados. Por fortuna, esta tendencia ha cambiado poco a poco, ya que se han comenzado a realizar estudios internos para la reutilización o procesamiento de los desechos industriales, ya sea por convicción propia de la empresa o por imposición legislativa.

Una opción para equilibrar el escenario económico de las empresas con el ambiental, es una renovación de equipo en sus plantas, ya que muchas de ellas operan con equipo poco eficiente con tecnología de hace 10 o más años, incrementando sus pérdidas económicas, por falta de eficiencia, y elevando sus tasas de emisión de contaminantes.

Entre otros factores que retrasan la implantación de equipos eficientes, destaca la falta de información y preparación técnica, la incertidumbre empresarial sobre la rentabilidad de las inversiones en tecnologías de alta eficiencia, la falta de incentivos para abordarlas y que la contaminación no vaya incluida en la factura energética.

3.2 ENERGÍAS RENOVABLES Y ALTERNATIVAS ECONÓMICAMENTE VIABLES.²

Por lo general, las energías renovables son más respetuosas con el medio, y los niveles de emisión gaseosa, residuos, cenizas, etc., son muy inferiores a los que se producen utilizando combustibles fósiles.

Las ventajas del uso de las energías renovables son enormes:

- Permiten reducir la dependencia de los países respecto de las importaciones de energía y asegurar así el abastecimiento.
- Contribuyen a mejorar la competitividad global de la industria.
- Tienen efectos positivos sobre el desarrollo regional y el empleo.
- Forman parte de la estrategia global de desarrollo sustentable.

A pesar de todos estos beneficios, el uso de las fuentes de energía renovables debe hacer frente a numerosos obstáculos como elevadas tasas de inversión y plazos de amortización largos, actitud de resistencia general para acabar con el uso generalizado de las energías tradicionales, problemas técnicos y económicos de conexión a la red centralizada de electricidad, problemas relacionados con las fluctuaciones estacionales de determinadas fuentes de energía como la eólica y solar, así como la falta de capacitación del recurso humano.

La implementación de este tipo de generación de energía garantiza un sistema energético eficiente, respetuoso con el medio ambiente y con un alto grado de aprovechamiento de los recursos disponibles a nuestro alcance.

En la actualidad, está aumentando la inversión en las tecnologías alternativas, como ejemplo, la energía eólica, es ya una industria que mueve 3,000 millones de dólares y empieza a mostrar sus posibilidades de convertirse en la piedra angular de una nueva economía solar que podría sustituir a los combustibles fósiles. Como muestra, en los EEUU, la energía eólica se ha esparcido desde California, donde llegó por primera vez y en donde ya hay unos cuantos parques eólicos importantes; China ha abierto su primer parque eólico en Mongolia. Mientras tanto, en Japón y Europa está ganando terreno el uso de células solares, especialmente en los tejados de las casas, para generar electricidad.

Debido al efecto invernadero que produce un cambio climático, es altamente probable que las normas ambientales a nivel mundial requieran la reducción de emisiones del dióxido de carbono además de los contaminantes locales como los SOx y NOx. La

2. *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*, Secretaría de Energía, México 2006

tecnología de la gasificación de estos combustibles muestra importantes ventajas comparativas con las tecnologías de combustión directa o combustión en lechos fluidizados.

Los sistemas nucleoelectrónicos avanzados que utilizan la fisión, prometen tener mejores características en comparación con la generación anterior en cuanto a los aspectos relacionados con su economía y seguridad. Una gran ventaja de esta tecnología es que

no genera gases invernadero.

Existen actividades de desarrollo tecnológico con el fin de buscar las soluciones óptimas para almacenar los desechos radioactivos, reducir los costos de inversión y operación, y asegurar la no proliferación de material fisible que sirva para fabricar armamento.

Los recursos naturales energéticos en nuestro país se pueden considerar abundantes, en comparación con otros países. Si bien la geotermia y la biomasa en algunas de sus formas ya son comerciales, siguen existiendo ciertos problemas económicos que frenan la ampliación de su uso.

La energía eólica ha iniciado su penetración comercial a nivel mundial en los sistemas de generación. En cuanto a la energía solar, las dos tecnologías más difundidas son los calentadores planos para calentamiento de agua a bajas temperaturas y las celdas fotovoltaicas. En estas últimas, el costo de generación eléctrica es muy alto, pero para aplicaciones aisladas como en comunidades rurales, es competitivo con la ventaja que son de bajo mantenimiento.

3.2.1 Energía solar

El aprovechamiento de la energía solar, se realiza principalmente mediante la utilización de dos tipos de tecnologías:

Fotovoltaicas, que convierten la energía solar en energía eléctrica con celdas fotoeléctricas, hechas principalmente de silicio que reacciona con la luz.

Termosolares, que usan la energía del sol para el calentamiento de fluidos, mediante colectores solares, que alcanzan temperaturas de 40 a 100 °C (planos), o “concentradores” con los que se obtienen temperaturas de hasta 500 °C.

De 1993 a 2003, en México la capacidad instalada de sistemas fotovoltaicos se incrementó de 7 a 15 MW, generando más de 8,000 MWh/año para electrificación rural, bombeo de agua y refrigeración.

Para sistemas termosolares, al 2003 se tenían instalados más de 570 mil metros cuadrados de calentadores solares planos, con una radiación promedio de 18,841 kJ/m², generando más de 270 GJ para calentar agua. Con una insolación media de 5 kWh/m², el potencial en México es de los más altos del mundo.

Se espera tener instalados 25 MW con tecnología fotovoltaica para 2013, y generar 14 GWh/año. Además se espera contar para 2009 con un sistema híbrido de ciclo combinado acoplado a un campo solar de 25 MW en la central de Agua Prieta II, en el estado de Sonora.

Los sistemas fotovoltaicos son actualmente viables para sitios alejados de la red eléctrica y aplicables en electrificación y telefonía rural, bombeo de agua y protección catódica, entre otros usos. Los costos de generación e inversión para sistemas fotovoltaicos se encuentran en el rango de 3,500 a 7,000 dólares por kW instalado y de 0.25 a 0.5 dólares por kWh generado.

Para los sistemas foto térmicos los costos se estiman en un rango de 2,000 a 4,000 dólares por kW y de 10 a 25 centavos de dólar por kWh. El costo de inversión para los colectores solares planos es de 242. USD/m² instalado.

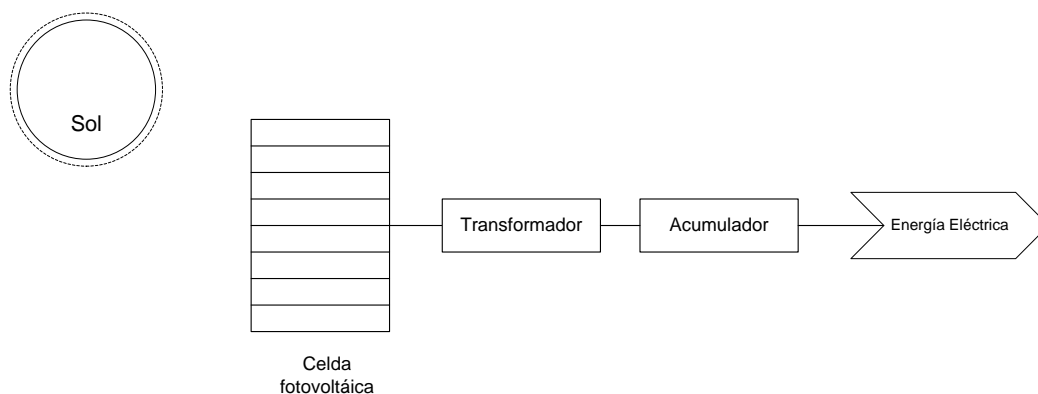


Figura 3.1 Diagrama de funcionamiento de las celdas fotovoltaicas.

Ejemplos de proyectos

La CFE cuenta con una planta híbrida en San Juanico, Baja California Sur, conformada por 17 kW fotovoltaicos, 100 kW eólicos y motogenerador diesel de 80 kW. Se licitará

durante el 2006 una planta híbrida de ciclo combinado con componente termosolar de 25 MW de capacidad en el noroeste de México, el cual se espera que entre en operación en el 2008.

3.2.2 Energía eólica

En 1997 la turbina promedio era de 600 a 750 kW. Para el 2005 ya existen en el mercado a nivel comercial turbinas con capacidades entre 2 y 3 MW, así como prototipos de hasta 6 MW. El diámetro llegaba a 80 metros en 2000, hoy llega a los 120 metros.

En el 2004 se tenían instalados 3 MW; 2 MW en la zona sur-sureste y 1 MW en la zona noreste, con los que se generaron 6 GWh de electricidad.

Los estudios del NREL (National Renewable Energy Laboratory) y diversas instituciones mexicanas (ANES, AMDEE, IEE) han cuantificado un potencial superior a los 40,000 MW, siendo las regiones con mayor potencial, el Istmo de Tehuantepec y las penínsulas de Yucatán y Baja California.

Las condiciones eólicas en el Istmo de Tehuantepec son de las mejores a nivel mundial. En Oaxaca hay zonas con velocidades del viento medidas a 50m de altura superiores a 8.5 m/s, con un potencial de 6,250 MW, y otras con velocidades entre 7.7 y 8.5 m/s, con un potencial de 8,800 MW.

En Baja California, las mejores zonas están en las sierras de La Rumorosa y San Pedro Mártir (274 MW).

Yucatán (352 MW) y la Riviera Maya (157 MW) tienen suficiente potencial para sustituir plantas que operan con combustóleo, diesel y generadoras de turbogas.

De acuerdo con CFE, los montos de la inversión para estos sistemas son de 1,400 USD/kW, con un costo de generación de 4.34 centavos de dólar por kWh (¢USD/kWh)⁹ y se estima que para el 2020 sean menores a los 3¢ de USD por kWh¹⁰.

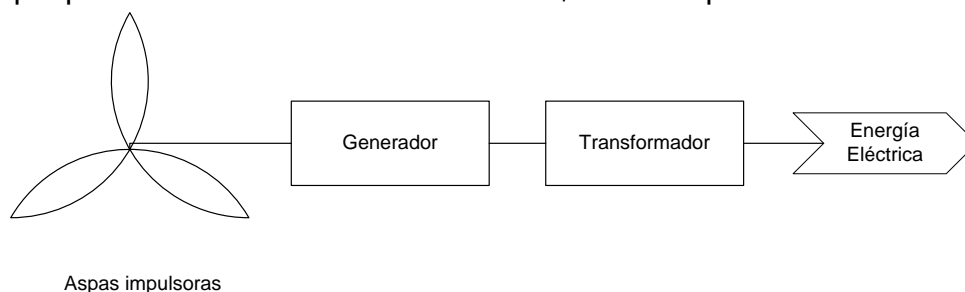


Figura 3.2 Diagrama de funcionamiento de generadores eólicos

Ejemplos de proyectos

En el 2005 la CFE inició la construcción en la Venta, Oaxaca, de la primera planta eólica de gran escala en México (83 MW) que entrará en operación en Octubre de 2006. Adicionalmente, la SENER tiene programada la construcción de otros 505 MW de capacidad eólica (en la modalidad de productor independiente) en la misma región en los próximos años, con lo que se espera tener instalados 588 MW en 2014. Existen 7 permisos otorgados por la CRE para proyectos privados de autoabastecimiento con tecnología eólica que aportarán en los próximos años un total de poco más de 950 MW al Sistema Eléctrico Nacional.

3.2.3 Energía Hidráulica

Las centrales mini hidráulicas (generación mayor 5 MW) se clasifican, según la caída de agua que aprovechan, en baja carga (caída de 5 a 20m), media carga (caída de 20 a 100m) y alta carga (caída mayor a 100m). Además de la carga, se clasifican en función del embalse y del tipo de turbina que utilizan.

Actualmente están operando en los estados de Veracruz y Jalisco tres centrales minihidráulicas con una capacidad instalada de 16 MW, que generan un total de 67 GWh/año. Adicionalmente están en operación tres centrales híbridas (minihidráulicas-gas natural) en los estados de Veracruz y Durango.

La CONAE estimó en 2005 el potencial hidroeléctrico nacional en 53,000 MW, de los cuales, para centrales con capacidades menores a los 10 MW, el potencial es de 3,250 MW.

Se prevé que para finales del 2006 se tengan instalados 142 MW adicionales. La cartera del Sector Energía contempla la ampliación de seis grandes hidroeléctricas por una capacidad de 1,528 MW y una generación de 1,079 GWh/año.

En México los costos de instalación en el 2004 eran en promedio de 1,600 USD por kW instalado, con un costo de generación de 11.50 ¢ USD por kWh generado¹⁴.

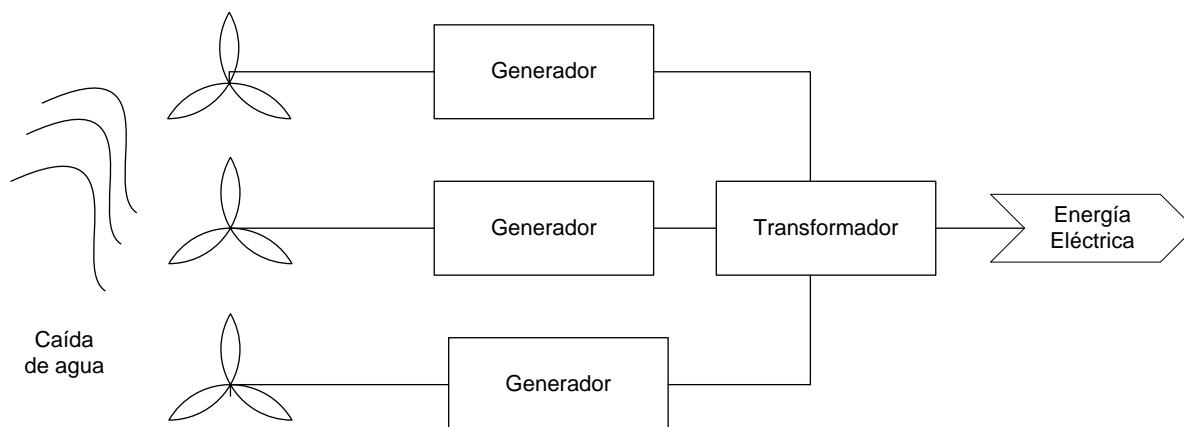


Figura 3.3 Diagrama de funcionamiento de generadores hidráulicos.

Ejemplos de proyectos

Comexhidro es una empresa dedicada al aprovechamiento energético de presas de riego agrícola ya existentes.

Inauguró en el 2003 su primer proyecto, "Las Trojes", en el estado de Colima, una minihidroeléctrica de 8 MW de capacidad. En el 2005 entró en operación la minihidroeléctrica "Chilatán", ubicada en el estado de Michoacán, con una capacidad de 14 MW. El proyecto más importante de la empresa, "El Gallo", en el estado de Guerrero, contará con una capacidad de 30 MW, y está en construcción desde el 2004.

3.2.4 Bioenergía

Utiliza materia orgánica como energético, por combustión directa o mediante su conversión en combustibles gaseosos como el biogás o líquidos como bioetanol o biodiesel.

Actualmente, la bioenergía representa el 8% del consumo de energía primaria en México. Los principales bioenergéticos empleados son el bagazo de caña (usado para la generación eléctrica y/o térmica en la industria azucarero) y la leña. En 2004 se consumieron 92 PJ de bagazo de caña y 250 de leña. *México produce al año en la industria cañera, 45 millones de litros de bioetanol que actualmente no se usan como combustible sino en la industria química.*

Al 2005 la Comisión Reguladora de Energía autorizó 19 MW para generar 120 GWh/año con biogás, 70 MW para generar 105 GWh/año con bagazo de caña y 224 MW para generar 391 GWh/año con sistemas híbridos (combustóleo-bagazo de caña).

El potencial técnico de la bioenergía en México se estima entre 2,635 y 3,771 PJ al año, sin embargo, su uso actual es 10 veces menor. Del potencial estimado, un 40% proviene de los combustibles de madera, 26% de los agro-combustibles y 0.6% de los subproductos de origen municipal. Se estiman además 73 millones de toneladas de residuos agrícolas y forestales con potencial energético, y aprovechando los residuos sólidos municipales de las 10 principales ciudades para la generación de electricidad a partir de su transformación térmica, se podría instalar una capacidad de 803 MW y generar 4,507 MWh/año.

Para la obtención de etanol a partir de almidones se estima a nivel internacional un costo de inversión de 0.8 USD/l; a partir de recursos ricos en azúcares (melaza), el costo de inversión es de 0.40 USD/l. La elaboración de biodiesel a partir de aceite de soya tiene un costo de 0.57 USD/l, y a partir de aceite de girasol el costo es de 0.52 USD/l.

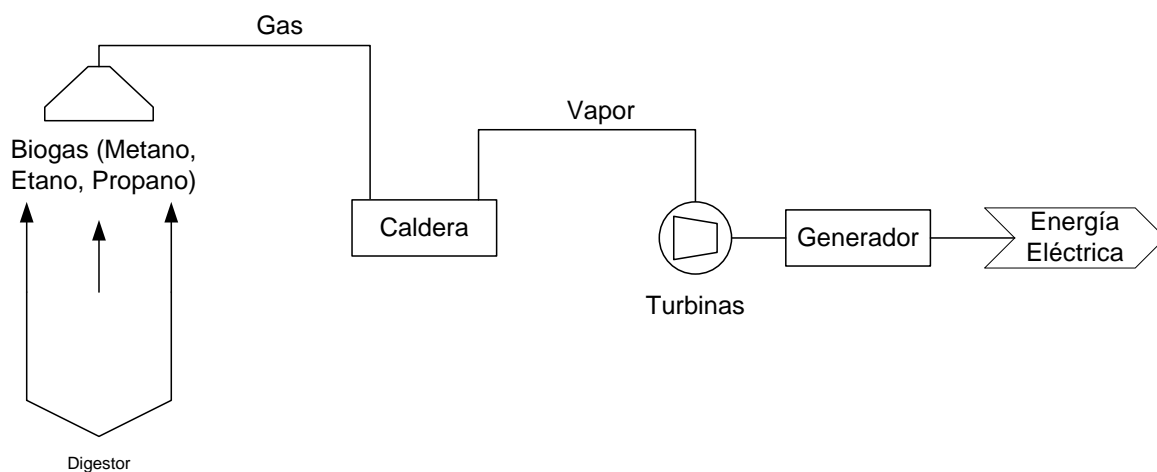


Figura 3.4 Diagrama de funcionamiento de generación de energía eléctrica a partir de biogás.

Ejemplos de proyectos

El Proyecto de Bioenergía de Nuevo León S.A. en Monterrey, es el primero en el país que aprovecha el biogás liberado por un relleno sanitario para generar energía eléctrica, con una capacidad de 7 MW. El proyecto se desarrolló con un apoyo parcial a través del Banco Mundial. La Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) ofrece apoyo para este tipo de proyectos, desde el diseño de rellenos sanitarios, hasta la generación de energía eléctrica. Actualmente cuenta con una cartera de 4 proyectos con estudios de pre inversión, y colabora en el desarrollo de otros 6.

3.2.5 Energía Geotérmica

Los recursos de alta temperatura ($T > 200^{\circ}\text{C}$) pueden utilizarse para generar energía eléctrica, los de temperatura baja ($T < 200^{\circ}\text{C}$) para aplicaciones térmicas.

México ocupa el tercer lugar mundial en capacidad de generación de energía geotérmica, con 960 MW instalados, con los que se generan más de 6,500 GWh/ año. La CFE estima que el potencial geotérmico permitiría instalar otros 2,400 MW, si bien su viabilidad depende del desarrollo de tecnología para su aprovechamiento.

Los montos de inversión en centrales geotermoeléctricas en México son del orden de 1,400 USD/kW. Por su parte, el costo de generación promedio es de 3.986 ¢USD/kWh²².

3.2.6 Cogeneración

La cogeneración es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil. Es una de las formas más eficientes del aprovechamiento de los recursos energético, en especial de aquellos considerados como no renovables. La gran ventaja de la cogeneración es la eficiencia energética que se puede obtener.

Al generar electricidad con un motor generador o una turbina, el aprovechamiento de la energía en el combustible es del 25% al 40% solamente y el resto se disipa en forma de calor. En el proceso de cogeneración, este porcentaje se incrementa, ya que se aprovecha una parte importante de la energía térmica que normalmente se disipa en la atmósfera.

Este procedimiento tiene aplicaciones tanto industriales como particulares como es el caso de algunos países con la tecnología adecuada.

Con procesos de generación separados se puede llegar a eficiencias globales entre un 50 y 70%, mientras que con un esquema de cogeneración se llegan a alcanzar hasta un 90% de eficiencia. Con esto se pueden obtener ahorros de energía primaria de hasta 50% y en casos especiales de hasta un 80%.

El proceso se puede categorizar en dos sistemas según el nivel de energía utilizado para generación eléctrica.

En el sistema de ciclos superiores (Topping Cycles), el combustible es quemado en una caldera donde se genera vapor de alta calidad, éste mueve una turbina generando

electricidad, y la energía residual a la salida de la turbina es utilizada en el calentamiento en algunos procesos.

En el sistema de ciclos inferiores (Bottoming Cycles), el combustible es quemado en un horno, y los gases de escape de éste son aprovechados para generar vapor de alta, para producir electricidad, y la energía restante de dichos gases se aprovecha en el calentamiento de algún proceso.

El proceso de generación eléctrica es considerado como el corazón de los sistemas de cogeneración.

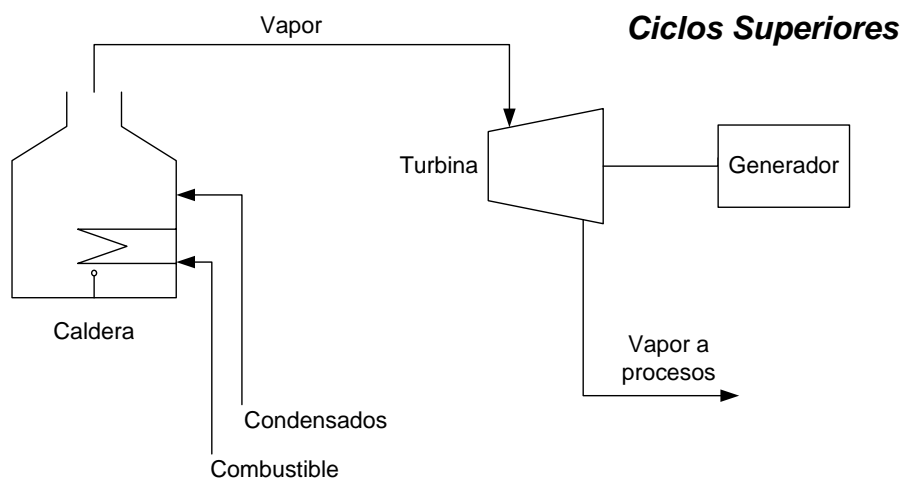


Figura 3.5 Diagrama de operación del sistema de cogeneración ciclos superiores.

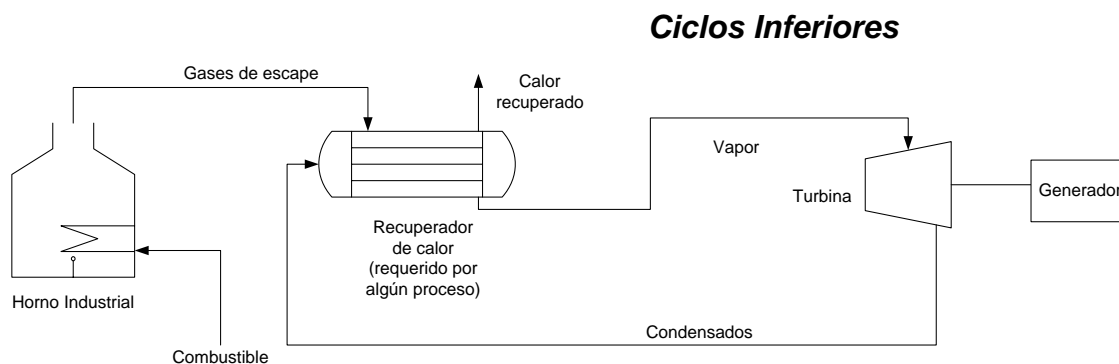


Figura 3.4 Diagrama de operación del sistema de cogeneración ciclos inferiores.

3.3 PROTOCOLO DE KYOTO⁴

El 11 de diciembre de 1997 los países industrializados se comprometieron, en la ciudad de Kyoto, a ejecutar un conjunto de medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), como son el dióxido de carbono (CO₂), gas metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), además de tres gases industriales, Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Los gobiernos participantes pactaron reducir el total de sus emisiones de esos gases a un nivel inferior de 5% al de 1990 en el período comprendido entre el año 2008 y el 2012. El acuerdo entró en vigor el 16 de febrero de 2005, después de la ratificación por parte de Rusia el 18 de noviembre de 2004.

Según las cifras de Naciones Unidas, se prevé que la temperatura media de la superficie del planeta aumente entre 1,4 y 5,8 °C de aquí a 2100, a pesar que los inviernos son más fríos y violentos.

Este instrumento se encuentra dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992 dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro.

Además del cumplimiento que estos países hicieron en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero se promovió también la generación de un desarrollo sustentable, de tal forma que se implemente el uso de energías renovables y así disminuir el índice de calentamiento global.

3.4 PROSPECTIVAS A FUTURO⁵

Debido a la gran inercia del sector energía y a la abundancia de recursos naturales, es de esperarse que en los próximos 20 a 30 años, el uso de combustibles fósiles continúe predominando.

Siendo la energía un elemento esencial, aunque no suficiente, para que se dé el desarrollo económico, la investigación y el desarrollo en tecnologías energéticas son imprescindibles para asegurar que en el futuro se minimicen las crisis que puedan afectar un abastecimiento confiable y aceptable de energía a la sociedad.

La Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático dirige sus esfuerzos a estabilizar las concentraciones de gases invernadero, ya que las concentraciones de bióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), han aumentado de manera significativa en los últimos años.

En 1980 la concentración del CO₂ era de 280 ppm*, en el 2003 se obtuvo una lectura de 367 ppm.

En el caso del metano (CH₄), en 1980 era de 700 ppb**, en el 2003 s de 1,750 ppb. La estabilización de los valores de concentración volumétrica de estos gases se prevé que implique grandes esfuerzos tecnológicos y financieros; para CO₂, se han realizado escenarios de estabilización a 450, 550, 650 y 750 ppm. Considerando que el actual consumo de energía es aproximadamente de 12 TJ/s y que los escenarios energéticos desarrollados indican un requerimiento de entre 15 y 30 TJ/s libres de emisiones para el 2050, se prevé un gran reto para llegar a estos niveles.

*ppm: Parte por millón, **ppb: parte por billón

Los países industrializados son los que más emiten, 13.7 mil millones de toneladas de CO₂ cada año, mientras que aquéllos en desarrollo sólo emiten 8.9 mil millones. A nivel per cápita, los países industrializados emiten seis veces más que los países en desarrollo.

El aumento en la eficiencia energética durante los próximos 20 años permitirá que la cantidad de energía primaria requerida para un servicio dado puede ser reducida, de forma rentable, entre un 25% y un 35% en los países industrializados. Y el ahorro podría llegar hasta el 45% en los países en desarrollo donde cuentan con máquinas y equipamientos obsoletos. Es decir, se podría hacer lo mismo con la mitad o con dos terceras partes de la energía que se emplea en la actualidad.

No cabe duda, que atacar el calentamiento global debido al efecto invernadero a través de una reestructuración radical del sistema energético global, constituye el reto tecnológico del siglo XXI. Éste reto implica por lo menos tres condiciones básicas: legislación y voluntad política, investigación y desarrollo tecnológico, y cooperación internacional.

La innovación tecnológica se ha vuelto el principal factor de la producción en la gran mayoría de los sectores productivos, en especial en aquellos que son intensivos en tecnología.

Por esta razón es conveniente para el sector energético realizar una prospectiva tecnológica que describa las principales tecnologías que puedan tornarse en realidades comerciales en el futuro. Esto lleva a la necesidad de monitorear y, en ciertos casos, tomar la decisión de buscar un desarrollo propio por razones estratégicas.

La inversión en innovación tecnológica radical tiene altos riesgos; y un gran gasto en investigación y desarrollo no necesariamente lleva a un resultado exitoso.

En conclusión, en cuanto a los sistemas energéticos a un horizonte de 20 años, considera que la dependencia en los combustibles fósiles y la hidrogenación continuarán siendo importantes con un énfasis especial en el papel a jugar por el gas natural y el mejoramiento ambiental de los procesos relacionados con los combustibles fósiles. El papel de la energía nuclear deberá ser reconsiderado, ya que podría incrementarse en el futuro, pero ésta deberá mejorar sus atributos económicos y de seguridad.

4. Protocolo de Kyoto de la convención Marco de las naciones unidas sobre el Cambio climático, Naciones Unidas, 1998

5. *Prospectiva tecnológica del sector energía para el siglo XXI, Visión al 2003*, Secretaría de Energía, México 2003

Capítulo IV

ENTORNO DEL USO DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA MEXICANA**4.1 CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA MEXICANA.**

En México, el consumo de la industria química durante el año 2005 fue de 120.4 PJ, cifra equivalente al 9.6% del total industrial, disminuyendo 0.4% con respecto al 2004. El energético más demandado fue el gas seco con 65.2% del consumo de la rama, le siguen la electricidad con 14.8%, el combustóleo con 12.2%, el coque de petróleo con 4.1%, el diesel con 3.2% y el gas licuado con 0.5%.

En el 2005 la electricidad autogenerada por la rama química cubrió el 11.8% de los requerimientos totales de energía eléctrica,

La industria química y petroquímica representaron el 30% del uso de la energía mundial, y el 16% de las emisiones de CO₂.

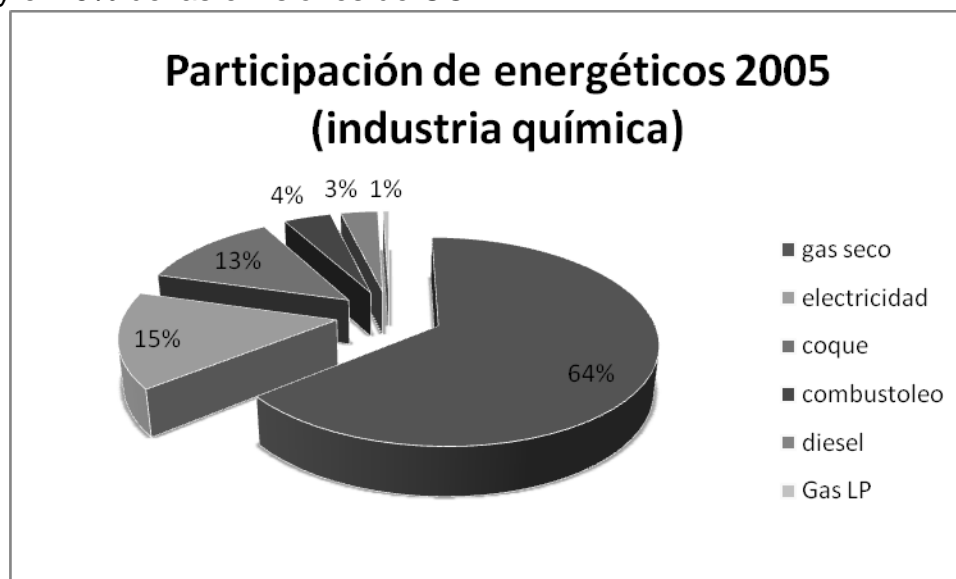


Figura 4.1 Participación de diferentes energéticos en el ramo industrial químico

Fuente: Informe anual PEMEX 2006

Los requerimientos de energía de la petroquímica de Pemex totalizaron 27.6 PJ, con un decremento de 3.2% respecto a 2004. Su participación en el consumo total del sector industrial fue de 2.2%. El gas seco representó el 80.4% de los energéticos consumidos por esta industria, el combustóleo 18.5% y el diesel 1.1%. Durante 2005, esta rama autogeneró 6.3 PJ, cifra equivalente al 7.8% de la auto-generación nacional.

*1PJ= 1X10¹⁵ Joule = 1GW

4.2 COSTO DE LOS PRINCIPALES ENERGÉTICOS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA¹

4.2.1 Combustibles varios (\$ MXN/ litro)

	Gas licuado	Gasolinas automotrices				Turbosina	Diesel	Combustóleo
		Frontera norte		Resto del país				
		Magna	Premium	Magna	Premium			
2002	6.27	4.38	6.29	5.86	6.57	2.93	4.86	1.68
2003	6.68	5.12	6.48	6.04	6.77	3.13	5.01	1.98
2004	7.89	5.95	7.03	6.22	7.34	4.39	5.16	2.13
2005	8.89	6.19	7.31	6.47	7.64	5.56	5.31	3.13
2006	9.25	7.41	7.92	6.74	8.29	5.98	5.7	3.21
2007	9.49	7.41	8.19	6.97	8.56	7.17	5.9	4.53

Tabla 4.1 Tabla de precios de combustibles varios.

Fuente: Informe anual PEMEX 2006, www.pemex.com

4.2.2 Gas Natural² (\$MXN/ litro)

Precio del gas natural (uso industrial) y gas L.P

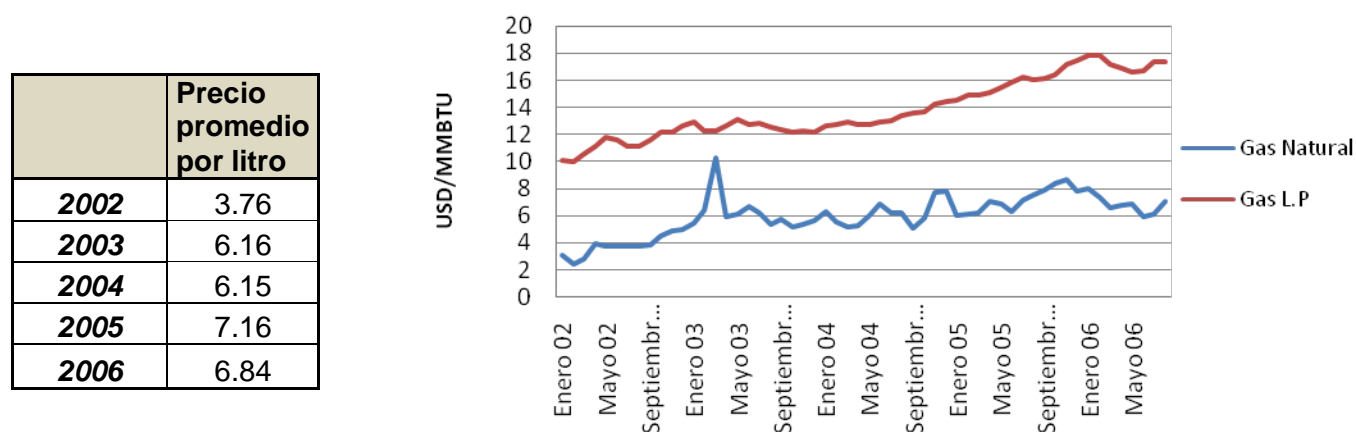


Figura 4.2 Variación del precio de gas L.P. y natural

Fuente: Informe anual PEMEX 2006

1. Informe anual PEMEX 2006

2. www.sener.gob.mx

4.3 PRECIOS PROMEDIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA³

(Centavos por Kwh a precios corrientes)

Años	Doméstico	Comercial	Servicios	Agrícola	Empresa Mediana	Gran Industria
1999	49.27	118.32	93.16	25.73	52.38	35.36
2000	55.90	126.03	104.68	28.68	61.20	43.37
2001	60.74	130.37	113.05	31.33	62.67	44.25
2002	77.44	137.76	125.14	33.58	70.16	48.08
2003	84.59	161.48	134.05	36.41	84.86	60.23
2004	88.31	186.72	140.91	39.26	97.81	70.89
2005	92.01	205.44	148.02	43.60	106.45	77.84
2006	98.35	231.58	157.04	44.39	119.14	88.63
2007						
Enero	115.35	240.46	162.23	48.44	125.91	91.79
Febrero	114.81	237.68	163.68	45.00	124.91	85.93
Marzo	109.58	232.27	164.47	46.56	121.17	83.11
Abril	106.30	228.88	163.68	45.50	115.78	82.12
Mayo	100.26	229.61	156.82	45.91	115.63	83.20
Junio	90.64	231.94	164.85	46.26	117.56	85.59
Julio	92.64	235.51	167.69	46.15	119.85	88.80

Tabla 4.2 Precios promedio de energía eléctrica

Fuente: Secretaría de Energía con datos de Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro

4.4 PODERES CALORÍFICOS DIVERSOS ENERGÉTICOS. (MJ/kg)

Condensados	47.56
Gas natural	41.77
Carbón térmico	19.41
Carbón siderúrgico nacional	22.19
Petróleo crudo maya	35.06
Petróleo crudo istmo	33.39
Petróleo crudo olmeca	26.72
Coque de petróleo	30.68
Gas licuado	46.16
Gasolinas y naftas	41.56
Querosenos	40.20
Diesel	40.63
Combustóleo	51.57
Coque de carbón	26.52
Leña	14.49
Bagazo de caña	70.55

Tabla 4.3 Poderes caloríficos diversos energéticos

Fuente: Balance nacional de energía 2005, SENER 2005

3. www.cfe.gob.mx

4.5 TIPOS DE TARIFAS ELÉCTRICAS.⁴

Actualmente en México existen 35 tarifas eléctricas, las cuales se pueden clasificar en:

- Domésticas (7)
- Específicas servicio público (3)
- Riego agrícola (4)
- Servicio temporal (1)
- Usos generales (20)

Dentro de las tarifas de usos generales se dividen en: alta (12), media (6) y baja (3) tensión.

Tarifa	Descripción
1	Servicio doméstico: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC
2(CF)	Servicio general hasta 25 kW de demanda en baja tensión
3(D)	Servicio general para más de 25 kW de demanda en baja tensión
5,5A	Servicio para alumbrado público
6	Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público
7	Servicio temporal
9	Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en baja tensión: 9,9M, 9N, 9CU
O-M	Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW
H-M	Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más
H-MC	Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o mas,
	para corta utilización (Baja California)
H-S, H-T	Tarifas horarias para servicio general alta tensión
H-SL, H-TL HM-R, HM- RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM	Tarifas horarias para servicio de respaldo
I15.I30	Tarifa de uso general para servicio interrumpible (Arriba de 7000 kW)

Tabla 4.4 Descripción de las diferentes tarifas eléctricas.

Fuente: Consejo de ciencia y tecnología del estado de Guanajuato, presentación de tarifas eléctricas, México, agosto 2007.

4. www.cfe.gob.mx

4.6 CONCEPTOS BÁSICOS EN EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA⁵

- **Regiones tarifarias**

Son las diferentes regiones y estaciones en las que se dividen los costos del suministro de energía eléctrica con el objeto de reflejar el costo real del servicio.



Figura 4.3 Regionalización de tarifas eléctricas.

- **Carga instalada**

Es la capacidad total en kW conectada a la instalación eléctrica.

- **Demanda**

Es el valor en kW medido en un instante.

- **Demanda máxima**

Es la demanda medida en kW durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica fue mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en periodo de consumo.

- **Factor de potencia (FP)**

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa en kW y la potencia aparente en kilovolts-ampers (kVA) y describe la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida.

5. Consejo de ciencia y tecnología del estado de Guanajuato, presentación de tarifas eléctricas, México, agosto 2007.

Se puede interpretar como una medida de aprovechamiento de la energía consumida con relación a la demanda máxima. Las compañías suministradoras de energía penalizan a los usuarios que tienen un FP inferior al 90% y los bonifica en caso contrario.

- **Factor de Carga**

Indicador de la forma en que se usa la energía eléctrica en una instalación

Se puede interpretar como una medida de aprovechamiento de la energía consumida con relación a la demanda máxima

$$FC = \frac{\text{Consumo de energía (kWh/m)}}{\text{Demanda máxima (kW) x periodo (h/m)}} \times 100 [\%]$$

4.7 ALGUNOS EJEMPLOS DE EMISIONES EN DIFERENTES TIPOS DE PROCESOS DE PRODUCCION

En México se cuenta con una gama de procesos de producción de sustancias químicas, siendo muchas de éstas, grandes contribuyentes a las emisiones contaminantes de gases de efecto invernadero.

Dentro del sector industrial, el dióxido de carbono es el gas con mayor volumen de emisiones, 47 068.32 Gg* en el año 2002, lo que representa un incremento de 51.13 % con respecto al año base 1990.⁶

Dentro del Inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI), publicado por el Instituto Nacional de Ecología, se mencionan algunos de estos procesos, y sus niveles de emisión correspondientes.

La fuente de información fundamental en la elaboración de este inventario fue el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), sin embargo, también se obtuvo información relevante de cámaras de industriales como las del cemento; del Banco de México, de Secretarías como la de Comercio y de Energía y de asociaciones como las de la cal y de la industria química.

4.7.1 Producción de carbonato de sodio ⁶

La cantidad total de carbonato de sodio producido en el país es el acumulado del proceso denominado natural, a partir del mineral trona y del proceso sintético. Sin embargo, la emisión de dióxido de carbono se contabiliza tanto en la producción por proceso natural como en la utilización del carbonato de sodio total producido.

Producción de carbonato de sodio, miles de toneladas

Año	Proceso Natural	Proceso Sintético
1996	290	ND
1998	290	ND
2000	611	290
2002	591.5	290

Emisión de CO₂ en la producción de carbonato de sodio por proceso natural

Año	Proceso Natural, (miles de ton)	Estimación de Trona (miles de ton)	Emisión de CO ₂ (Gg)
1996	290	411.800	39.944
1998	290	411.800	39.944
2000	611	867.620	84.159
2002	591.5	840.750	81.552

Entre el año 1990 y el de 2002 se tuvo un incremento del 215 % en las emisiones de dióxido de carbono durante el proceso de producción de carbonato de sodio a partir del proceso natural. Entre el año 1998 y el año 2002, el incremento fue del 105 % en las emisiones de dióxido de carbono.

Emisiones de CO₂ a partir de la utilización de carbonato de sodio

Año	Na ₂ CO ₃ (miles de ton)	Emisión de CO ₂ (Gg)
1996	290	120.350
1998	290	120.350
2000	901	373.915
2002	881	365.615

Las emisiones de dióxido de carbono a partir de la utilización del carbonato de sodio en los diversos procesos industriales se incrementaron un 96% entre el año 1990 y el año 2002, siendo el incremento de 204 % entre 1998 y el 2002.

4.7.2 Producción de amoníaco ⁶

El cálculo de las emisiones se realizó a partir de la producción de amoníaco, utilizando un factor de emisión de 1.5 toneladas de CO₂ por tonelada de amoníaco producido a partir del uso del gas natural como materia prima principal. Mediante el reformulado catalítico se genera el hidrógeno y éste se combina con nitrógeno para formar el amoníaco.

Emisiones de CO₂ en la producción de amoníaco

Año	Amoníaco producido, miles de toneladas	Emisiones de CO ₂ (Gg)
1996	2499.7	3 749.55
1998	1819.2	2 728.800
2000	815.0	1 222.500
2002	752.0	1 128.000

Las emisiones de dióxido de carbono por producción de amoníaco entre los años 1990 y 2002 mostraron un decremento del 71.4 %.

4.7.3 Producción de ácido nítrico ⁶

En México no se cuenta con factores de emisión de N₂O asociados a la producción de ácido nítrico, ni con información de la tecnología y condiciones de operación. Por lo tanto, la estimación de emisiones de óxido nitroso se ha hecho a partir de la producción de ácido nítrico y un factor de emisión por defecto equivalente al promedio del intervalo de 2-9 kg N₂O por tonelada de ácido nítrico, considerado para plantas en Estados Unidos de Norteamérica.

Producción de ácido nítrico (toneladas)

Año	Producción de ácido nítrico
1996	592 000
1998	415 999
2000	149 923
2002	64 782

Emisión de N_2O y NO_x procedente de la producción de ácido nítrico (Gg)

Año	Emisiones de N_2O	Emisión de NO_x
1996	3.260	7.100
1998	2.290	4.990
2000	0.820	1.800
2002	0.360	0.780

*Gg – Unidad de medida de masa equivalente a 10^9 gramos, empleada para las emisiones de GEI

4.8 Emisiones contaminantes en otros tipos de procesos industriales químicos.**Producción promedio Industrias Químicas, (toneladas)**

Año Producto	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
Acrilonitrilo	122 300	166 200	161 300	172 600	130 200	124 500	61 000
Resinas de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) ¹⁰	16 100	44 300	40 000	60 000	60 000	116 030	244 373
Negro de humo	125 300	89 800	84 400	107 800	119 769	114 321	86 099
Etilbenceno	174 000	164 000	160 000	161 000	143 000	158 000	140 000
Etileno y propileno	1 732 500	1 825 700	1 680 700	1 830 100	1 541 200	285 631	293 326
Formaldehído	106 800	98 200	102 600	117 600	130 783	129 550	106 542
Grafito	24 916	31 470	30 863	40 412	43 461	30 330	13 885
Anhídrido ftálico	75 500	70 600	59 400	63 000	53 650	64 752	61 900
Polipropileno	-	69 300	75 900	88 900	223 409	205 788	207 083
Poliestireno	123 500	114 900	128 000	142 800	283 104	357 900	336 505
Polieteno – Baja densidad	348 000	355 000	341 000	336 000	313 000	272 000	284 000
Polieteno – Elevada dens.	176 000	220 000	202 000	192 000	184 000	174 000	147 000
Cloruro de polivinilo	318 800	407 200	372 600	386 000	416 891	491 380	476 324

Estireno	139 000	142 000	143 000	147 000	128 000	144 000	128 000
Butadieno estireno	104 100	103 300	116 900	135 800	150 900	164 991	163 949
1,2, dicloroetano	394 100	386 100	356 300	319 000	312 000	302 300	253 000
Ácido Sulfúrico	3 988 000	3 433 000	2 540 000	3 367 000	3 934 000	4 100 000	NA
Urea13	1 415 000	1 536 700	671 027	1 847 878	894 061	0	43 155
Cloruro de vinilo	230 700	224 300	212 100	182 200	196 100	184 300	158 000

Fuente: Anuario estadístico de PEMEX 2000 – 2004

Emisión de CH₄ procedente de la fabricación de otros productos químicos, Gg

Producto	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
Negro de humo	1.38	0.99	0.93	1.19	1.32	1.26	0.95
Etileno	1.37	1.48	1.32	1.34	1.26	1.16	0.99
Dicloroetileno	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.12	0.10
Estireno	0.63	0.64	0.65	0.62	0.51	0.57	0.51
Metanol	0.42	0.40	0.37	0.42	0.39	0.38	0.34
Coque	1.17	1.02	0.99	1.09	1.10	1.12	0.73

Emisiones de NO_x procedentes de diversos procesos de producción en la Industria Química, Gg

Producto	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
<i>Negro de humo</i>	0.050	0.036	0.034	0.043	0.048	0.046	0.034

Emisiones de CO procedentes de diversos procesos de producción en la Industria Química, Gg

Producto	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
<i>Negro de humo</i>	1.253	0.898	0.844	1.078	1.198	1.143	0.861

Emisiones de SO₂ procedentes de diversos procesos de producción en la Industria Química, Gg

Producto	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002
<i>Negro de humo</i>	<i>0.39</i>	<i>0.28</i>	<i>0.26</i>	<i>0.33</i>	<i>0.37</i>	<i>0.35</i>	<i>0.27</i>
<i>Ácido Sulfúrico</i>	<i>69.79</i>	<i>60.08</i>	<i>44.45</i>	<i>58.92</i>	<i>68.85</i>	<i>71.75</i>	<i>ND</i>
<i>Dióxido de titanio</i>	<i>0.96</i>	<i>1.08</i>	<i>1.46</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>	<i>ND</i>

6. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2002*, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, México 2002.

Capítulo v

ACCIONES Y RECURSOS PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA

Dentro del ramo del ahorro y administración energética, se cuenta con una gran variedad de opciones y recursos disponibles para su implementación tanto dentro de la industria como en el hogar. A continuación se enlistan algunos de los aspectos principales dentro del marco de la cultura energética.

5.1 PRINCIPALES ACTORES DENTRO DEL RAMO DE AHORRO Y ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA.

- *Secretaría de Energía (SENER)*

Entidad gubernamental que conduce la política energética del país, dentro del marco constitucional vigente, garantizando el suministro competitivo, suficiente, de alta calidad, económicamente viable y ambientalmente sustentable de energéticos para el desarrollo del país.

- *Comisión Reguladora de Energía (CRE)*

Regula a las industrias del gas natural y electricidad, otorga los permisos para la generación de energía, aprueba los contratos marco para la provisión de energía, y las metodologías para el cálculo de las tarifas para los proveedores privados de energía.

- *Comisión Nacional para el ahorro de energía (CONAE)*

Es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que goza de autonomía técnica y operativa. tiene por objeto fungir como órgano técnico de consulta de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como, de los gobiernos de las entidades federativas, de los municipios y de los particulares, en materia de ahorro y uso eficiente de la energía y de aprovechamiento de energías renovables promueve el ahorro de energía y la eficiencia energética, fomenta el uso de energías renovables.

- *Instituto de investigaciones en eléctricas (IIE)*

Tiene como función apoyar la investigación tecnológica en el sector eléctrico, incluyendo la vinculada a las energías renovables.

- *Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro (CFE y LFC)*

Son las empresas estatales que proveen energía eléctrica en México; CFE genera poco más del 80% del total de la energía, y cuenta con el 96% de la red nacional de transmisión, atiende a 22.9 millones de usuarios, mientras que LFC a más de 5 millones.

- *Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE)*

Organismo de carácter privado, no lucrativo, creado para promover acciones que induzcan y fomenten el ahorro de energía eléctrica.

Tiene como objetivo apoyar la realización de proyectos demostrativos que permitan inducir y promover el ahorro y uso racional de la energía eléctrica en la industria, comercio y servicios, así como asesorar e incidir en los hábitos de consumo eléctrico de la población.

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica es un organismo mexicano, privado con participación mixta, creado en 1990 a iniciativas de CFE y con la participación de las principales cámaras industriales del país, encaminado a realizar acciones de eficiencia energética dirigida a los usuarios de los sectores industrial, comercial, de servicios, doméstico y servicios municipales.

El FIDE en coordinación con las Divisiones de Distribución de CFE y las cámaras empresariales CANAME, CMIC, CANACINTRA y CNEC, están impulsando una propuesta de crecimiento, a partir de reconocer las oportunidades de ahorro existentes a todo nivel, así como el desarrollar la cultura de ahorro de energía eléctrica en el país.

- *Secretaría de Marina y Recursos Naturales (SEMARNAT)*

Establece las políticas nacionales sobre protección ambiental, además de coordinar las acciones relativas a los compromisos de México suscritos en la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, conjuntamente con los sectores de energía, transporte, industria y agricultura, entre otros.

- *Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL)*

Promueve proyectos de desarrollo social, incluyendo el uso de las energías renovables, en particular el aprovechamiento de residuos sólidos en rellenos sanitarios.

- *El Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)*

Fideicomiso de apoyo especializado en programas de desarrollo rural, entre los cuales se incluye el uso de energías renovables en actividades productivas agronómicas; promueve proyectos en diversas áreas, todos se caracterizan buscando el desarrollo sustentable y el adecuado uso de los recursos naturales, sociales y económicos

Otras asociaciones relevantes de fomento al manejo y uso de energías renovables son: la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), la Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE), la Red Mexicana de Bioenergía y la Asociación Mexicana de Economía Energética (AMEE).

5.2 LEGISLACIÓN Y NORMATIVIDAD ENERGÉTICA¹

Una de las herramientas empleadas por países industrializados para verificar y legislar el uso de la energía las normas de eficiencia energética, de aplicación obligatoria, elaboradas con la participación activa de fabricantes, usuarios, y todas aquellas organizaciones interesadas.

En este contexto , la secretaria de energía obtuvo en 1991 , fondos para realizar un estudio sobre normas de ahorro de energía en equipos domésticos e industriales comercializados en México . Lo anterior, considerando que dichos equipos requerían, para su operación, de un consumo de energía eléctrica mayor que el de los equipos de venta en EU y Canadá.

En base a lo anterior la se a través de la comisión nacional para el ahorro de energía CONAE, constituyo en el año de 1993 el comité consultivo para la preservación y uso racional de los recursos energéticos , para elaborar y expedir las normas oficiales NOM-ENER.

Las NOM ENER son especificaciones técnicas, de aplicación obligatoria , que integran tecnología de punta para asegurar un uso eficiente de la energía en los equipos que se fabriquen o comercialicen en el país . Estas se derivaron del trabajo y consenso de fabricantes, institutos de investigación, asociaciones de profesionales, cámaras de industria y comercio y gobierno.

- *REDUCCIÓN DE CONSUMOS DE ENERGIA HASTA DEL 40%*
- *SE EVITA EMITIR A LA ATMOSFERA APROXIMADAMENTE 4MIL TONS DE CO2 Y CO*

1. *Página web www.conae.gob.mx*

Actualmente están vigentes 16 Normas Oficiales Mexicanas de eficiencia energética, relativas al consumo de energía:

NOM-001-ENER-2000

Eficiencia energética de bombas verticales tipo turbina con motor externo eléctrico vertical. Límites y método de prueba.

NOM-003-ENER-2000

Eficiencia térmica de calentadores de agua para uso doméstico y comercial. Límites, método de prueba y etiquetado.

NOM-004-ENER-1995

Eficiencia energética de bombas centrífugas para bombeo de agua para uso doméstico en potencias de 0,187 kW a 0,746 kW.- Límites, método de prueba y etiquetado.

NOM-005-ENER-2000

Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, método de prueba y etiquetado.

NOM-006-ENER-1995

Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación.- Límites y método de prueba.

NOM-007-ENER-2004

Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

NOM-008-ENER-2001

Eficiencia energética en edificaciones, envolvente de edificios no residenciales.

NOM-009-ENER-1995

Eficiencia energética en aislamientos térmicos industriales.

NOM-010-ENER-2004

Eficiencia energética del conjunto motor bomba sumergible tipo pozo profundo. Límites y método de prueba.

NOM-011-ENER-2006

Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

NOM-013-ENER-2004

Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas exteriores públicas.

NOM-014-ENER-2004

Eficiencia energética de motores de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0,180 a 1,500 kW. Límites, método de prueba y marcado.

NOM-015-ENER-2002

Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

NOM-016-ENER-2002

Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado.

NOM-017-ENER-1997

Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba.

NOM-018-ENER-1997

Aislantes térmicos para edificaciones. Características, límites y métodos de prueba.

NOM-021-ENER/SCFI/ECOL-2000

Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluorocarbonos (CFC's) en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

NOM-022-ENER/SCFI/ECOL-2000

Eficiencia energética, requisitos de seguridad al usuario y eliminación de clorofluorocarbonos (CFC's) para aparatos de refrigeración comercial auto contenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.

5.3 ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA ²

Se entiende por administración de energía a todas las acciones que se realizan para conocer, planear, evaluar, organizar, supervisar, integrar y controlar los consumos y usos de los energéticos en una empresa, y en consecuencia el mecanismo para el manejo y control de todas las operaciones energéticas. Esta responsabilidad recae principalmente en la dirección de la empresa, aunque es indispensable que se reparta dicha responsabilidad en todos y cada uno de los integrantes de la misma. Al momento de desarrollar e implementar estas acciones, se deberá proceder a conformar un comité con la responsabilidad de efectuar los siguientes pasos para la elaboración de un plan de desarrollo energético para la empresa:

- Análisis de los consumos energéticos

² *Uso eficiente de Energía en la Industria*, International Research & Development Co. Ltd., Newcastle, Inglaterra, 1977.

- Formulación de un programa para el uso racional de los energéticos y su desarrollo.
- Control de la gestión energética.

Este comité estará preferentemente integrado por un coordinador general y un representante de cada departamento, o, dependiendo de la política interna de la empresa y las necesidades de la misma, se pueden hacer modificaciones a dicho comité, teniendo en cuenta siempre el objetivo final del proyecto. En cualquier empresa, la implementación de un proyecto dado, requiere de un análisis profundo de las oportunidades, riesgos, gastos, etc. En el caso de proyectos de ahorro de energía, no es diferente. La planificación de actividades que conduzcan al objetivo de una administración energética, implica un estudio de todos los elementos relacionados y que resultan del planteamiento de los objetivos de la empresa y del modo de alcanzarlos.

Entre los principales objetivos a alcanzar dentro de un buen proyecto de administración y gestión energética se encuentran los siguientes:

- Cambiar el equipo existente por otro más eficiente.
- Transformar el equipo existente convirtiéndolo en más eficiente
- Eliminar los consumos de energía excesivos y de desperdicio.
- Cambiar los sistemas de control de procesos.
- Cambiar las etapas altamente consumidoras de energía.
- Cambiar el proceso por otro energéticamente más eficiente.
- Reemplazar aislantes térmicos deteriorados o ineficientes
- Verificar trampas de vapor
- Verificar y controlar los niveles de combustión
- Eliminación de fugas de aire, agua, gas, etc. Que puedan afectar al proceso
- Corregir factor de potencia del consumo eléctrico.

Todo dependiendo de los recursos con los que se cuente en dicho periodo de implementación, del objetivo de la empresa, de la legislación tanto externa como interna de la misma, y la tecnología disponible. Existen diversos factores que es necesario considerar para la formulación de las estrategias para la administración de la energía, entre los que destacan:

- Las previsiones sobre el entorno económico y administrativo de la empresa
- Un diagnóstico de la capacidad de la misma
- La estrategia de producción.

Como ya se mencionó la estructura del programa depende mucho del tipo de empresa al que se vaya a implementar, aunque existe una serie de actividades que, sin lugar a dudas, son independientes a ésta. Entre ellas destacan las actividades que se deberán programar para desarrollar en orden secuencial y otras en forma paralela.

- Diagnósticos energéticos
- Proposición de proyectos
- Evaluación y selección de proyectos.
- Evaluación técnico-económica
- Presentación y aprobación de los proyectos seleccionados
- Implantación de los mismos
- Puesta en marcha y diagnósticos periódicos
- Supervisión de actividades.
- Análisis comparativos y evaluación de resultados (por etapas y en total)
- Programas de concientización y motivación

Existe una gama muy amplia de criterios que justifican la implantación de un proyecto determinado. Estos pueden agruparse en cinco rubros generales:

Respecto a la política de la empresa.	Respecto a la coordinación de la administración de la energía.	Respecto a las finanzas de la empresa.	Respecto a la producción o servicio.	Respecto al entorno de la empresa.
<ul style="list-style-type: none"> • Impacto sobre sus objetivos. • Compatibilidad con su estrategia global. • Nivel de riesgo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relación con sus objetivos • Compatibilidad con su estrategia • Viabilidad técnica del proyecto • Viabilidad económica • Efecto sobre el conjunto de proyectos • Tiempo y costo de desarrollo • Tiempo de capacitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo total del proyecto • Viabilidad económica • Costo de implantación • Disponibilidad de recursos • Repercusión sobre otros proyectos • Beneficios totales y parciales • Margen de beneficios • Satisfacción de la inversión 	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto sobre la productividad • Impacto sobre la calidad del bien ó servicio. • Disponibilidad del personal. • Costo y disponibilidad de materiales. • Renovación de equipo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Respuesta a las políticas y mandatos actuales. • Respecto a leyes actuales. • Efectos sobre el medio ambiente.

Figura 5.1 Aspectos a analizar para la implementación de un proyecto

5.4 PASOS PARA LA ELABORACION DE UN DIAGNÓSTICO DE AHORRO DE ENERGÍA

1. Identificar qué energéticos utiliza en la empresa

Además de electricidad, es muy posible que la empresa esté utilizando, para sus procesos y operaciones, combustibles como el gas LP, gas natural, combustóleo, diesel o gasolina.

2. Determinar cómo mide el consumo y cómo paga la empresa cada uno de estos energéticos:

Ubicar y organizar todos los contratos y recibos por concepto de energía que ha manejado históricamente la empresa. Identificar el tipo de tarifa o precio unitario (precio por unidad de energía) a la que está sujeto el servicio. Además de dónde, cómo y cuándo se mide el consumo de energía en la empresa. Buscar la forma de medir los consumos en períodos más cortos que los de facturación, y de ser necesario, hacerlo por proceso, sistema y por equipo.

3. Organizar y sistematizar la información de los consumos energéticos:

Organizar la información sobre consumos de energía por hora, día, semana, mes. Sistematizarla significa ponerla en hojas de cálculo o en una base de datos en una computadora. Igualmente, separar esta información, si es posible, por proceso o por área de la empresa, instalación o equipo.

4. Identificar cuándo y dónde hay un gasto mayor de energía:

Con la información que se ha organizado y sistematizado, se puede ubicar dónde y cuándo ocurre la mayor parte de su consumo de energía y así empezar a definir las áreas de oportunidad.

5. Integrar la información de diseño de los procesos, sistemas y equipos:

Cuando se diseñan los procesos, sistemas y equipos, se establecen (y documentan), por lo general, sus niveles de consumo de energía o, cuando menos, sus condiciones óptimas de operación. Disponer de esta información es fundamental, ya que permitirá tener un referente para saber si su empresa, al nivel que sea, está desperdiciando energía.

6. *Comparar los índices de consumo de instalaciones con procesos y/o actividades similares a las de la empresa:*

Una forma sencilla de saber si los consumos son altos o bajos, es comparar dichos índices energéticos con los de otras empresas o procesos similares. Estos índices establecen consumos de energía por alguna unidad referida a la instalación o proceso. Estos índices se pueden obtener de las cámaras de industria y de publicaciones especializadas. Igualmente, se puede consultar a la CONAE.

7. *Calcular índices de los energéticos de la empresa:*

Con los datos de consumo energético e información sobre la empresa, los procesos y las instalaciones, se puede establecer, índices que se pueden utilizar para hacer comparaciones.

8. *Ubicar las oportunidades específicas:*

Es recomendable buscar ayuda externa a través de consultores especializados o aprovechando la orientación que brinda las distintas organizaciones.

En general, son cuatro los elementos que hay que cuantificar para establecer la rentabilidad de una oportunidad específica de mejor aprovechamiento de la energía:

1. La energía que se puede ahorrar, lo cual se establece en función de los parámetros energéticos de la tecnología utilizada y de la que la puede sustituir, y del patrón de uso de la misma.
2. La tarifa o precio de la energía que utiliza, lo cual permite establecer el valor monetario de lo que se puede ahorrar.
3. El costo de la modificación o de la sustitución del equipo o sistema.
4. La tasa de retorno que espera quien hace la inversión para ahorrar energía.

Con estos valores se puede entonces hacer un análisis económico que establezca la rentabilidad del proyecto.

9. *Comparar los índices y ubicar la situación de su empresa:*

Los índices pueden compararse de dos maneras básicas, en un proceso de

comparación interna o externa, también llamado *Benchmark*:

- Benchmark interno: Se realiza dentro de la misma organización o instalación al comparar la evolución histórica de los índices
- Benchmark externo: Se efectúa comparando las instalaciones, procesos, sistemas, equipos, productos y servicios de la propia empresa con los de otra u otras empresas con procesos o productos similares

5.5 PRINCIPALES ELEMENTOS OBJETIVO DE AHORRO DE ENERGÍA. (EQUIPO)³

5.5.1 Motores eléctricos:

Se estima que de un 70 a un 80% de la energía consumida por toda la industria se transforma en energía mecánica por medio de motores eléctricos; y cerca del 15% de la energía eléctrica que utilizan se traduce en pérdidas.

Algunas de sus principales aplicaciones son:

Sistemas de bombeo, sistemas de ventilación, Bandas transportadoras, Sopladores, Sistemas de aire comprimido.

Sistemas de aire comprimido: Se estima que los costos totales de operación de un sistema de aire se reparten en un 15% del costo inicial del equipo, un 10% de mantenimiento, y un 75% el costo del consumo de energía eléctrica.

Para reducir el consumo de energía por generación de aire comprimido se recomienda:

1. Revisar y eliminar posibles fugas dentro del sistema (representan el 70% del desperdicio total)
2. Establecer un programa de mantenimiento preventivo.
3. Mejorar el control de presión del sistema
4. Ajustar la operación a la demanda del servicio
5. Colocar instrumentación de control al sistema de enfriamiento

Sistemas de bombeo: La energía consumida en este tipo de equipo depende de la potencia (en función del gasto y la caída de presión dentro del sistema), el tiempo de funcionamiento, el tipo de fluido bombeado y la eficiencia del sistema. Los principales elementos de eficiencia dentro de un sistema de bombeo son el motor, el acoplamiento, la bomba, el sistema de sellos, los sistemas de control, la tubería y los accesorios.

3. Serie de folletos informativos Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica

Siendo el acoplamiento donde se presenta la mayor cantidad de pérdidas de eficiencia y por ende de energía.

Como posibles alternativas de ahorro de energía se propone:

1. Reemplazar los motores por aquellos de mayor eficiencia (mayor al 80%)
2. Establecer un programa de mantenimiento preventivo.
3. Revisar y optimizar el sistema de control.
4. Establecer periodos de cambio de empaques y revisión de acoplamientos.
5. Ajustar la velocidad del sistema al fluido utilizado.

5.5.2 Generadores de Vapor y Calentamiento:

Este tipo de equipo requiere del uso de combustibles y su principal fuente de pérdidas es por falta o ineficiencia de aislantes que impidan el intercambio de energía térmica con el ambiente.

Se tiene identificado que la salida de gases por la chimenea, las incrustaciones dentro del sistema de tuberías, las purgas, el sistema de condensado y pérdidas dentro del sistema de distribución son los principales fuentes de pérdida de calor.

En este caso se puede recomendar:

1. Establecer un programa de mantenimiento periódico al sistema.
2. Evitar incrustaciones u obstrucciones dentro del sistema con el uso de agua ultraligera o con un previo tratamiento.
3. Mejorar el sistema de control del sistema, así como el arranque y paro de calderas.
4. Eliminar fugas tanto de vapor como de condensado.
5. Revisar y en su caso reemplazar el aislante térmico de tuberías.

Perdida de calor por cada metro de línea de vapor sin aislamiento				
Diámetro de tubería (mm)	Perdida de calor en MJ/año			
	1.05 kg/cm²	10.56 kg/cm²	21.12 kg/cm²	42.25 kg/cm²
25.4	4846	9866	12981	17135
50.8	8135	16616	21808	29078
101.6	14366	29424	38770	51924
203.2	25616	53309	70271	94329
304.8	26520	76156	100733	135695

En base a tubería de acero (horizontal), 24°C T.A., sin velocidad de viento y operación anual de 8760 h.

Tabla 5.1 Perdidas de calor por longitud de línea de vapor sin aislamiento.

Fuente: Consejos para ahorrar energía, CONAE, México 2006

Un buen aislamiento puede reducir las pérdidas en un 90% además de ayudar a mantener la presión requerida por los equipos de la planta.

Deben ser aisladas todas aquellas superficies cuyas temperaturas se encuentren por arriba de los 50°C, incluyendo las de las calderas, líneas de vapor o de retorno de condensado, así como válvulas y accesorios.

Con frecuencia, el aislamiento se daña o es retirado y nunca vuelto a colocar durante las operaciones de reparación del sistema de vapor.

Todo aislamiento dañado o húmedo debe ser reparado o reemplazado de inmediato.

Elimine las fuentes de humedad antes de reemplazar el aislamiento. Entre las causas que provocan humedad en éste, se incluyen las fugas en válvulas, tuberías o equipos adyacentes. Después de que las líneas de vapor son aisladas, los cambios en el flujo de calor pueden influenciar el comportamiento de otras partes del sistema de vapor.

5.5.3 Sistemas de iluminación:

En muchas instalaciones el mayor consumo de energía es por el sistema de alumbrado, por ello representa un área de oportunidad de ahorro.

Un sistema de iluminación está formado por 4 elementos: lámpara, balastro, luminaria y control.

Un sistema ineficiente es aquél que otorga una baja eficiencia de lúmenes por watt consumido. La falta de mantenimiento, un mal criterio de diseño y un inadecuado control en su uso, son unas de las principales causas del alto consumo.

En la industria, el tipo de iluminación más empleada es la fluorescente, lámparas de vapor de mercurio, y de alta intensidad de descarga (HID) para el alumbrado de grandes extensiones.

La propuesta para el ahorro de energía en este tipo de sistemas se muestra en la siguiente tabla comparativa:

Actual	Alternativa	Ahorro
Lámparas incandescentes (consumo de 25-150W)	Lámparas de vapor de sodio (consumo de 5 a 40W)	hasta del 50%
Lámpara incandescente (consumo de 150-300 W)	Lámparas de sodio a alta presión (consumo máximo de 70W)	entre 42 y 71%
Lámparas de luz mixta (consumo de 500W)	Lámparas de sodio a alta presión (consumo de 150W)	63%
Lámparas de vapor de mercurio (consumo de entre 175 y 400W)	Lámparas de sodio a alta presión (Consumo de entre 70 y 250W máx.)	entre 37 y 60%

Tabla 5.2 Alternativas de sistemas de iluminación ahorradores de energía.

Fuente: Serie de folletos informativos Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica

Además del reemplazo de lámparas se recomienda la utilización de luminarias (plafones) de alta eficiencia que no disminuya de forma importante el grado de intensidad de las lámparas, junto con el reemplazo de los balastos al tipo autotransformador auto-regulado, por que soporta mayores variaciones de tensión de línea.

5.5.4 Sistemas de Aire acondicionado, ventilación y refrigeración.

Existen varias alternativas para la disminución de consumo de energía y ahorro en el costo de operación.

- Emplear tecnologías de compresión con velocidad variable
- Aprovechar el consumo de energía de otros procesos para generar una corriente fría.
- Revisar y balancear los sistemas de ductos de distribución.
- Optimizar la velocidad de operación del sistema de ventiladores.
- Implementar un sistema de mantenimiento preventivo.
- Reemplazar equipos de baja eficiencia.
- Revisar capacidades de motores eléctricos y sustituirlos si están sobrediseñados

- Instalara sistemas de autocontrol de enfriamiento.
- Emplear motores de alta eficiencia para el bombeo de agua de enfriamiento.
- Apoyos y financiamientos para el ahorro de energía.

Las acciones de ahorro y uso eficiente de energía, financiadas por FIDE en el periodo enero-marzo 2007, obtuvieron ahorros por 306 GWh en consumo y 14.9 MW en demanda. Con ello se evitó el consumo de 546 mil barriles de petróleo equivalente y la emisión de 204 mil toneladas de CO₂.

En forma acumulada a junio de 2007, considerando la permanencia de todas las medidas aplicadas, tenemos 12,989 GWh en consumo y 1,628 MW en demanda, sin

incluir el Horario de Verano, con el que se obtuvieron ahorros adicionales en el último año de 1,131 GWh y 931 MW, en consumo y demanda respectivamente.

5.6 OTRAS ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA ⁴

5.6.1 Tecnologías avanzadas para la utilización de combustibles fósiles

La combustión de los combustibles fósiles, en los cuales la reacción química básica para generar calor se basa en la oxidación del carbono y del hidrógeno contenidos en sus moléculas, ha sido fundamental en la transformación de recursos naturales a energía útil para el bienestar de la sociedad.

el propósito de maximizar la eficiencia de los procesos y reducir la emisión de los desechos contaminantes.

- *Las calderas ultrasuper-críticas*

Las calderas convencionales se han mejorado a lo largo de los años, tanto en su diseño como en sus prácticas de operación y mantenimiento, hasta llegar a operar con *eficiencias del orden de 35 a 36%*, incluyendo sistemas de remoción de contaminantes locales como los SO_x. Recientemente se ha iniciado la construcción de unidades llamadas calderas ultrasuper-críticas, que tendrán un diseño y materiales especiales para incrementar todavía más la temperatura y presión del vapor generado (de temperaturas máximas de 565°C a 580°C y presiones máximas de 240 a 285 bar), con el fin de tener *eficiencias del orden de 47%*. Estos avances son significativos para esta tecnología convencional. Este incremento en la temperatura del vapor se obtiene mediante la utilización de aleaciones especiales en los tubos donde se genera el vapor

4. *Prospectiva tecnológica del sector energía para el siglo XXI, Visión al 2003*, Secretaría de Energía, México 2003

correspondiente a las secciones de alta temperatura y rediseñando el recalentador de la caldera. En general, temperaturas y presiones tan altas hacen que los tubos y, por lo tanto, la caldera estén expuestos a una mayor probabilidad de falla, lo que ocasiona pérdida en la disponibilidad de la planta y consecuentemente incrementa el costo de kWh.

- *Combustión en lechos fluidizados*

En la combustión en lecho fluidizado (AFBC), el combustible (carbón mineral o petrolífero pesado) es quemado en un lecho de partículas, fluidizado por la velocidad del aire oxidante, de tal manera que el lecho se expande hasta llegar a tener propiedades similares a un fluido, pero las partículas no llegan a ser acarreadas fuera del lecho. Éste, usualmente está compuesto de un material inerte y de un material tipo carbonato de calcio para capturar el azufre del combustible. El combustible se mezcla en el lecho para quemarse. La temperatura del lecho es baja, de 800 a 900°C, pero suficiente para quemar el combustible.

Desde los setenta, esta tecnología se desarrolló con una importante penetración para la generación de vapor de proceso en calderas operando a presión atmosférica y utilizando combustibles generalmente de mala calidad. Además de capturar en forma eficiente los óxidos de azufre (SO_x), la generación de óxidos de nitrógeno se minimiza debido a la baja temperatura del proceso de combustión. La principal problemática estriba en la cantidad de sólidos que se tienen que manejar, ya que el carbonato de calcio que se transforma a sulfato de calcio hay que reemplazarlo; generalmente hay que desechar 0.06 toneladas de compuestos de calcio por tonelada de carbón mineral para cada punto porcentual de azufre que éste contenga. Este problema es adicional al manejo de las cenizas que contenga el propio carbón mineral. Bajo algunas normas, debido al alto pH de estos desechos sólidos, se clasifican como de alta peligrosidad y deben manejarse con especial cuidado. Todo esto incrementa el costo de la tonelada de vapor o del kWh producido.

En los noventa se desarrolló la tecnología de combustión de lecho fluidizado presurizado (PFBC), a presiones del orden de 15 veces la atmosférica, con el mismo rango de temperatura de la combustión, lo que permite que los gases de la combustión operen como fluido de trabajo para una turbina de gas de un ciclo combinado, incrementando la eficiencia global de todo el sistema.

Debido a sus características, el PFBC genera más desechos sólidos que el AFBC; para carbón mineral de alto contenido de azufre, se prefiere el segundo.

La tecnología PFBC es la principal competidora actual del proceso de gasificación integrada con ciclo combinado (IGCC) para la generación eléctrica con base en carbón mineral.

Una desventaja adicional de los sistemas AFBC y PFBC en comparación con el IGCC es la emisión de gases invernadero. En los primeros, la emisión del CO se incrementa al reemplazar los óxidos de azufre al bióxido de carbono en el carbonato de calcio, hasta en 30%. Además, el CO₂ se encuentra en el flujo de gases de combustión, mientras que en el IGCC se encuentra en el del gas combustible el cual es mucho menor; esta ventaja se relaciona con la masa de gases que hay que tratar para remover contaminantes.

- *Gasificación integrada con ciclo combinado (IGCC)*

Esta tecnología demostró su factibilidad técnico-económica a principios de los ochenta con la planta de demostración de Cool Water en los EUA. Ésta es una de las tecnologías centrales por la versatilidad del tipo de materia prima que puede ser gasificada (carbón, petróleo pesado, coque de petróleo, biomasa, gas natural). También por el hecho de que es considerada la tecnología más conveniente para descarbonizar (secuestrar el CO₂) el proceso de transformación energética de los combustibles fósiles, considerando el riesgo del fenómeno del cambio climático, así como porque el gas sintético puede ser utilizado como combustible o como materia prima en la industria química. El proceso se inicia con una oxidación parcial del carbón, ya sea con vapor de agua a alta temperatura y presión en el caso del gas natural o, para carbones minerales, con oxígeno y posiblemente algo de vapor de agua a altas temperatura y presión, generando un gas sintético de hidrógeno y monóxido de carbono.

El segundo paso consiste en aplicarle a este gas sintético (gas de carbón) una reacción química llamada shifting ó reacción gas- agua ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$) utilizando más vapor de agua a alta T y P, para generar más hidrógeno y bióxido de carbono.

Dependiendo de la materia prima, este proceso alcanza a generar hidrógeno de 99.999% de pureza y eficiencias de conversión entre 60% y 80%.

Es importante aclarar que desde el punto de vista de la unidad de calor útil generado, se produce más CO₂ a través del H₂ generado por la gasificación de un combustible fósil, que de la quema directa del combustible fósil. Una de las ventajas del proceso en comparación con la combustión directa reside en que, si se debe secuestrar el CO₂, es menos costoso extraerlo del gas sintético generado en la gasificación del combustible fósil, que de los gases de la chimenea generados en la combustión directa del mismo combustible debido a los flujos de gas que hay que tratar.

Los costos actuales para un IGCC están en el rango de 3.6 a 4.2 cent USD por kWh, alimentado con carbón mineral de 1.25 USD/millón de BTU.

En un análisis, 10 de las principales plantas en operación o construcción con base en esta tecnología, utilizando combustibles provenientes de refinerías, muestra plantas

con capacidades de hasta 785 MW, existiendo un gran número de proyectos en Europa y una amplia investigación de la tecnología de gasificación de Texaco.

5.6.2 Celdas de combustible.⁵

Una celda de combustible es un dispositivo electroquímico que convierte la energía química de una reacción directamente en energía eléctrica. Estas celdas no se agotan ni requieren de recarga, como una batería, ya que producen energía en forma de electricidad y calor en tanto se les provea de combustible.

La manera en que operan es mediante una celda electroquímica que consiste en dos electrodos, un ánodo y un cátodo, separados por un electrólito. La corrosión y la degradación de materiales y componentes de la celda pueden limitar su vida útil.

A diferencia de las máquinas de combustión cuya eficiencia está regida por el ciclo de Carnot y limitada por la temperatura, la eficiencia teórica de las celdas de combustible está dada por las leyes de Faraday, que relacionan directamente la corriente producida en una reacción electroquímica con la cantidad de material reactivo.

La mayor ventaja de las celdas de combustible descansa realmente en el hecho de que no están limitadas por la temperatura, lo cual les otorga el gran beneficio de alcanzar altas eficiencias.

Las reacciones electroquímicas son en su mayoría exotérmicas, por lo que además, el calor desprendido puede ser aprovechado y así aumentar la eficiencia de las celdas.

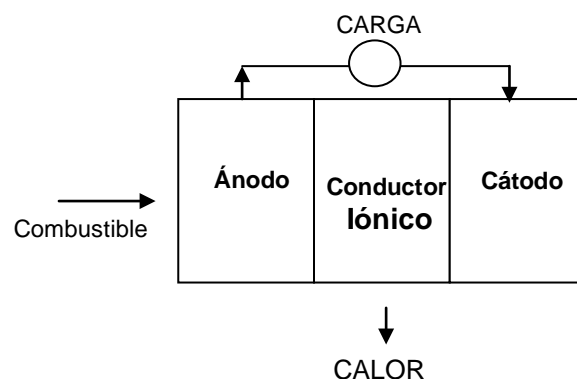


Fig.5.2 Diagrama simplificado de una celda de combustible

Fuente: Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente

5. Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica, Ulises Cano Castillo, IIE, México 1999.

Tipos de celdas de combustible y sus principales diferencias

Se pueden dividir en dos grandes rangos, celdas de alta temperatura, las cuales operan a temperaturas mayores a 200°C y las de baja temperatura, cuya operación puede llegar sólo hasta los 200°C. Una diferencia derivada de la temperatura de operación es el empleo de diferentes materiales, principalmente electrólitos ya que a temperaturas elevadas deben ser utilizados electrólitos no acuosos.

Las celdas de combustible de alta temperatura tienen como objetivo principal la generación de energía eléctrica para una potencia mayor a 1 MW, mientras que las de baja temperatura se están diseñando para salidas menores a 1 MW.

- ***Celdas de ácido fosfórico (PAFC)***

Este tipo de celda es el más desarrollado comercialmente. Las celdas de combustible de ácido fosfórico generan electricidad utilizando gas natural a más de 40% de eficiencia y cerca de 85% si el vapor que produce se emplea en cogeneración. El uso de un electrólito corrosivo como el ácido fosfórico y potencialmente peligroso de manejar tiende a restar la preferencia sobre este tipo de celda.

- ***Celdas de carbonatos fundidos (MCFC)***

Las celdas de combustible de carbonatos fundidos utilizan sales fundidas como electrólito y prometen altas eficiencias combustible-electricidad, así como la habilidad para consumir combustibles base carbón, incluyendo CO y biocombustibles. Esta celda opera a temperaturas del orden de los 650°C y permite la reformación del combustible dentro de la propia celda. Algunas desventajas son la corrosividad de las sales fundidas y la necesidad de reposición de CO₂ en el cátodo para recuperación y formación de iones carbonato.

- ***Celdas de óxido sólido (SOFC)***

Este tipo de celda no utiliza electrólitos corrosivos sino electrólitos en estado sólido y presenta diversas ventajas. Las eficiencias de generación de potencia pueden alcanzar un 60% sin cogeneración, al tiempo que la cinética de reacción en estas celdas es muy rápida y no requiere reposición de CO₂ en el cátodo. El hidrocarburo alimentado puede ser reformado dentro de la celda.

Su eficiencia es mayor a 80% cuando el calor producido es empleado en cogeneración. Ya se está terminando una prueba de 100 kW en Europa, mientras que dos pequeñas unidades de 25kW ya se encuentran en línea en Japón.

- **Celda de polímero sólido o membrana de intercambio protónico (PEM)**

Estas celdas utilizan como electrólito una membrana polimérica conductora de protones. Dicha membrana se encuentra entre dos electrodos porosos impregnados en el lado de la membrana con un electrocatalizador (usualmente Pt) y un material hidrofóbico del otro lado. Operan a temperaturas relativamente bajas (unos 80°C), tienen una densidad de potencia alta, pueden variar su salida rápidamente para satisfacer cambios en la demanda de potencia y son adecuadas para aplicaciones donde se requiere una demanda inicial alta. El único líquido que maneja la celda PEM es agua, por lo que los efectos por corrosión son mínimos.

Las celdas PEM son los principales candidatos para vehículos ligeros y prácticamente todos los gigantes de la industria automotriz han previsto utilizar dicha tecnología en sus automóviles.

- **Celdas alcalinas**

Este tipo de celdas pueden alcanzar eficiencias de generación eléctrica de hasta 70%, utilizan hidróxido de potasio como electrólito y hasta hace poco tiempo eran demasiado costosas para aplicaciones comerciales, pero varias compañías están encontrando formas de reducir estos costos y mejorar la flexibilidad en su operación.

No requieren materiales nobles como catalizadores, ya que la dificultad de reducción de oxígeno presente en otras celdas de baja temperatura es mínima, por lo que pueden operar a temperaturas bajas.

Tipo de celda	Electrolito	Aplicaciones	MW	Eficiencia	Temp de operación	Electrocatalizador
PEM	Membrana de intercambio protónico	Transportación	hasta 0.25	menor a 70%	80°C	Platino
PAFC	Ácido fosfórico	Cogeneración	0.2-10	80%	200°C	Platino
MCFC	Carbonato Fundido	Potencia central	0.25-100	70%	650°C	Niquel
SOFC	Óxido metálico sólido	Potencia central	50 o mayor	80%	1000°C	perovskitas

Tabla 5.3 Tipo de celdas de combustible y características principales.

Fuente Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía Electroquímica

<i>Tecnología</i>	<i>Eficiencia %</i>	<i>Vida útil Años</i>	<i>Costo USD/kW</i>
Unidades con calderas y remoción de SO ₂	35	30-40	1100
Unidades con calderas de lecho fluidizado presurizadas	45	30+	2000-2500
Unidades con gasificación integrada con ciclo combinado	45	ND	1500-2000
Nucleoeléctricas convencionales	30	30-40	1700-3100
Eoloeléctricas	40	16-20	800-1200
Celdas fotovoltaicas	30	10	5000-40000
Solar térmico (electricidad)	15	ND	2800-3500
Biomasa	40	30-40	1600-2500
Geotermia	35	ND	1500-2100
Celda de combustible de membrana	40	30-40	2000
Celda de combustible de ácido fosfórico	44	20	4000
Celda de combustible de carbonatos fundidos	45	20	ND
Celda de óxidos sólidos con cogeneración.	80	20	ND

Tabla 5.4 Cuadro comparativo de tecnologías alternas de generación de vapor y/o electricidad
Fuente. *Prospectiva tecnológica del sector energía para el siglo XXI, SE, México.*

5.7 CREDITOS FINANCIEROS ⁶

Se otorgaron apoyos a los usuarios con diferentes tipos de financiamiento para:

- Realizar diagnósticos energéticos y la aplicación de medidas correctivas en empresas industriales, comerciales y de servicios, así como para alumbrado público y bombeo de agua potable y residual en municipios.
- Desarrollar proyectos de ahorro de energía eléctrica en micro y pequeñas empresas.
- Realizar diagnósticos energéticos en instalaciones residenciales.
- Adquirir e instalar equipos, maquinaria y dispositivos de alta eficiencia, ya sea en instalaciones nuevas o como reemplazo de equipos ineficientes ya instalados.

6. Página oficial del FIDE www.fide.org.mx

- Sustituir y optimizar Sistemas Centrales de Enfriamiento de Aire (Chillers) para lo cual se cuenta con una donación del Protocolo de Montreal otorgada a través del Banco Mundial.

En el periodo se concluyeron 172 proyectos de los cuales 27 correspondieron al sector Industrial, 26 a Comercios y Servicios, 11 a Municipios y 126 a Pequeñas Empresas. Con lo cual para el sector productivo el FIDE ha aportado recursos financieros para 3,751 proyectos de ahorro de energía eléctrica, de los cuales 29% corresponden a Empresas Industriales, 17% a Comercios y Servicios, 10% a Municipios y 44% a Micro y Pequeñas Empresas.

En el Programa para la Introducción de Equipos Eléctricos de Alta Eficiencia en Micro y Pequeñas Empresas, se concertaron acciones para la adquisición de 422 equipos como lámparas, balastos tipo T-8, refrigeradores comerciales, motores de alta eficiencia y equipos de aire acondicionado con Sello FIDE, en 87 empresas. De manera acumulada, se han otorgado financiamientos a 1,243 empresas para la adquisición de 24,654 equipos.

En el periodo, se realizaron 1,302 diagnósticos energéticos en el sector Residencial y Micro y Pequeñas Empresas. Hasta junio 2007 se han realizado un total de 23,473 diagnósticos a estos usuarios.

Como consecuencia de los proyectos, por cada millón de dólares invertido por el FIDE, las empresas con recursos propios o con financiamiento de terceros invierten en promedio 3.5 millones de dólares.

Continuaron las tareas de seguimiento a cuatro prospectos de micro cogeneración y se evalúa la factibilidad de 3 proyectos de generación fotovoltaica. Además se llevó a cabo una reunión con un proveedor de micro turbinas hidráulicas.

Se presentaron dos ponencias, una sobre energía fotovoltaica en Zacatecas, Zac. y otra sobre Hidrógeno y Celdas de Combustible, en la Ciudad de México y se elaboró un directorio de proveedores de sistemas fotovoltaicos y eólicos, así como una carpeta con información de proveedores de estos sistemas para el Centro de Capacitación (CECADESU) de la SEMARNAT.

Los financiamientos sólo se otorgan a proyectos previamente analizados por consultores adscritos al FIDE, y que no rebasen un tiempo de recuperación de 24 meses.

5.8 TIPOS DE FINANCIAMIENTOS DISPONIBLES POR PARTE DEL FIDE ⁷

Proyectos con financiamiento parcial, sin intereses.

Dirigido a grupos corporativos, formados por tres o más empresas con demanda promedio de energía eléctrica superior a 1,000kW cada una. Estas pueden recibir un financiamiento sin intereses de hasta \$3, 500,000 pesos para realizar proyectos en tres de sus plantas cuando menos. El grupo cubre el importe de los diagnósticos energéticos necesarios y el 50% del costo de aplicar las medidas correctivas, mientras que el FIDE aporta el 50% restante.

Las empresas con demanda de 1,000 kW o más pueden ser financiadas hasta por \$1, 000,000 también sin intereses, mientras que las que tienen una demanda de entre 300 y 1,000kW, pueden disponer de un financiamiento que no rebase los \$500,000 pesos. En estos casos, el FIDE pagará hasta el 60% del costo total del proyecto, incluido el 100% del importe del diagnóstico energético, si lo requiere la empresa.

El reembolso de las erogaciones hechas por el FIDE para la realización del diagnóstico energético, lo efectuará la empresa en dos pagos bimestrales, mientras que las aportaciones para la segunda etapa del proyecto serán reembolsadas en un máximo de ocho pagos trimestrales, según el periodo de recuperación simple de la inversión. En ambos casos el plazo empieza a partir de la terminación del trabajo en cuestión.

Proyectos con recuperación del costo financiero.

Las empresas con una demanda eléctrica superior a 1,000 kW pueden recibir hasta \$1, 000,000 de financiamiento, y aquellas con demanda entre 300 y 1,000kW un monto de \$500,000, sin necesidad de hacer una inversión en el proyecto, ya que la aportación del FIDE es del 100%. La empresa, sin embargo, es quien cubre en su totalidad el costo del diagnóstico energético.

Los intereses a pagar por este financiamiento se calcularán aplicando una tasa fija sobre saldos insolutos, igual al Costo Porcentual Promedio vigente al momento de firmar el contrato de ejecución del proyecto, más tres puntos porcentuales, debiendo la empresa reembolsar el financiamiento y sus intereses en un máximo de 12 pagos trimestrales fijos, según el periodo de recuperación simple de la inversión.

Proyectos de control de la demanda en horario punta.

Es una alternativa de financiamiento para los casos en los cuales se haya determinado

7. .Página del FIDE www.fide.org.mx

previamente la medida puntual de control de la demanda en horas punta, y por consiguiente, no se necesita elaborar un proyecto complejo y largo.

Estos financiamientos, en los que el FIDE aporta el 100% del costo hasta \$500,000, sólo pueden aprovecharse para la aplicación de medidas relacionadas con el control de la demanda punta en empresas que tengan una demanda máxima de 300kW o más.

Los intereses a pagar por este financiamiento se calcularán aplicando una tasa fija sobre saldos insolutos, igual al Costo Porcentual Promedio vigente al momento de firmar el contrato de ejecución del proyecto, más tres puntos porcentuales. El reembolso del financiamiento, se efectuará en cuatro pagos trimestrales de igual monto, el primero de los cuales será a los seis meses de la firma del contrato de concertación del proyecto.

5.9 OTRO TIPO DE FINANCIAMIENTOS EXTERNOS ⁸

Para fomentar la participación de los inversionistas nacionales y extranjeros en proyectos de infraestructura básica, se constituyó en BANOBRAS el Fondo de Inversión en Infraestructura (FINFRA), que tiene como instrumentos: capital de riesgo y capital subordinado; participa como socio minoritario dentro del proyecto, aportando hasta el 35% del capital ordinario. Además del Fideicomiso de la LAFRE (Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía), existen apoyos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, y el Banco de México, entre otros, para la generación de electricidad a gran escala a partir de energías renovables (especialmente para la eólica), así como para la investigación y el desarrollo tecnológico.

- *Iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE)*

En Diciembre del 2005 se aprobó en la Cámara de Diputados la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE), en la que se establece la creación de un Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía.

Se define como meta para el 2012, un porcentaje mínimo de participación de las ER en sus distintas modalidades, respecto a la generación total de electricidad, del 8%, sin incluir las grandes hidroeléctricas. La SENER elaborará y coordinará la ejecución del Programa para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía.

La Ley señala, entre otras cosas, que los pagos a los generadores por la energía que entreguen a las redes del Sistema Eléctrico Nacional reflejarán los costos evitados

8. Secretaría de Energía, México www.sener.gob.mx, Banco de México www.banxico.org.mx

por los suministradores . Asimismo, el Sistema Eléctrico Nacional deberá aceptar la electricidad generada a partir de Fuentes Renovables en cualquier momento que se produzca.

- *Incentivos fiscales*

Con la finalidad de propiciar inversiones en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de energías renovables, el 1° de diciembre de 2004 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la modificación al Artículo 40, Fracción XII de la Ley de Impuesto sobre la Renta, en la que se establece que los contribuyentes del ISR podrán depreciar el 100% de la inversión en un solo ejercicio. La maquinaria y equipo que se adquiera se debe mantener en operación durante un periodo mínimo de cinco años, con fines productivos.

Iniciativa para modificar la Ley del Impuesto Sobre la Renta: Propone un nuevo estímulo fiscal que promueva la inversión y uso de energías renovables para vivienda, que consiste en un crédito fiscal del 30% a la inversión en equipos para la generación de energía proveniente de energías renovables.

5.10 BARRERAS EN EL DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN MÉXICO⁹

- Institucionales

La planeación energética del país está basada en metodologías que evalúan sólo el costo económico de corto plazo de la generación de energía.

La falta de valoración de los beneficios que las energías renovables aportan a la economía nacional, tales como la estabilidad de precios de la energía en largo plazo, y la reducción de riesgos en el abasto energético, aunado al hecho de contar con importantes recursos energéticos fósiles nacionales, hace que las políticas y prospectivas energéticas nacionales sigan basándose en combustibles fósiles.

- Legales y Regulatorios

Existen limitaciones constitucionales y legales a la participación privada en el Sector Energía. Para el caso específico de la generación de energía eléctrica, La Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) solamente permite la generación a particulares, a través de permisos, para casos específicos, que podrán incluir transmisión, transformación y entrega de la energía eléctrica a los respectivos

9. Secretaría de Energía, México www.sener.gob.mx, Banco de México www.banxico.org.mx

beneficiarios. Si bien, estas modalidades permiten la participación de particulares en la generación y transmisión de energía eléctrica, obliga a las empresas públicas de electricidad a adquirirla al menor costo económico de corto plazo. Bajo este enfoque, la generación eléctrica a través de sistemas de energía renovables resulta más costosa, comparado con fuentes fósiles convencionales, por lo que se requieren mecanismos que permitan fomentarlas, similares a los que se han implementado en los países donde su participación es importante. Para lograrlo, es necesario establecer incentivos económicos y fiscales, así como metodologías para valorar el aporte de capacidad que las fuentes renovables (en particular las de carácter intermitente) otorgan al Sistema Eléctrico Nacional. En este sentido, la iniciativa de Ley para el Aprovechamiento de las Fuentes Renovables de Energía (LAFRE), cuenta con una serie de instrumentos de este tipo que, en caso de aprobarse, contribuirán al desarrollo de dicho tipo de energías.

- Económicos/Financieros

Dado que la planeación energética está basada en la evaluación tecnológica de generación de menor costo económico de corto plazo y que la CFE está obligada por ley a adquirir la electricidad de terceros a este costo, es necesario establecer incentivos económicos y fiscales, así como mecanismos financieros que permitan a las energías renovables ser competitivas frente a las fuentes convencionales. Los esquemas de financiamiento en México han sido insuficientes para el fomento de las energías renovables, por lo que es necesario impulsar este tipo de mecanismos. La iniciativa de la LAFRE tiene como uno de sus instrumentos más poderosos, la creación de un Fideicomiso que otorgaría incentivos temporales a proyectos que generen, mediante fuentes renovables, electricidad para el servicio público. Asimismo, cabe mencionar que de manera paralela, la SENER, y el Banco Mundial están desarrollando conjuntamente un esquema para implementar un Fondo Verde que dará a partir del 2006, otorgando incentivos a productores independientes de energía que la suministren a CFE para el servicio público.

- Técnicos

A pesar de que se han hecho esfuerzos importantes para estimar el potencial de las energías renovables en México, como los estudios para evaluar el recurso geotérmico de CFE, y los mapas eólicos y solares elaborados por el Instituto de Investigaciones Electricas, Gobiernos Estatales y Organismos Internacionales, estos esfuerzos, en ocasiones no abarcan todo el territorio nacional, o bien, no se cuantifican otros recursos, como el mareomotriz, la geotermia de baja entalpía, el biogás de residuos urbanos y agronómicos y la biomasa de plantaciones energéticas.

5.11 PROSPECTIVAS A FUTURO

La SENER junto con los principales actores de este ramo, dentro de la prospectiva del sector eléctrico, incluye una serie de recomendaciones para la instauración de un plan energético como parte de un plan desarrollo sustentable nacional. Entre las más relevantes se encuentran las siguientes:

- ✓ Profundizar la información relativa a los consumos finales no energéticos por rama industrial y sector económico.
- ✓ Realizar estudios de las principales ramas industriales para conocer más detalladamente los procesos de producción, consumos de energía y políticas para el ahorro y sustitución de energéticos que vienen llevando a cabo las empresas.
- ✓ Incorporar los residuos de animales, residuos vegetales (a excepción del bagazo de caña ya considerado), residuos industriales o recuperados y desechos como fuentes de energía, que pueden ser relevantes en la estructura energética del país y que podrían coadyuvar a la diversificación de fuentes de energía y la potenciación de las fuentes de energía renovables.
- ✓ Mejorar la información sobre los consumos de energéticos de los autogeneradores de energía eléctrica y relacionarla con la obtenida en encuestas sobre consumos de energía del sector industrial.
- ✓ Integrar la información sobre energía solar y otras fuentes renovables no públicas dentro del balance nacional de energía.
- ✓ Incorporar la nueva información sobre consumos de energía del sector público al balance nacional de energía.
- ✓ Completar y mejorar los Balances regionales de energía para todos los energéticos primarios y secundarios e integrar por regiones.
- ✓ Fomentar el aprovechamiento de las encuestas nacionales que el INEGI elabora para generar y mejorar las estadísticas sobre consumo de energía.
- ✓ Energías Renovables una opción altamente recomendable.

Aunado a estas acciones los principales objetivos de las organizaciones afines se pueden resumir en:

- Modificar patrones de consumo de energía eléctrica, consolidando una cultura del ahorro.
- Hacer una amplia difusión del ahorro de energía eléctrica, usando todos los mecanismos y medios disponibles.
- Demostrar que el ahorro de energía eléctrica es técnicamente factible, económicamente rentable y socialmente benéfico.
- Extender la presencia e influencia del FIDE en el país y en el ámbito internacional.

Lograr la integración plena y sistemática de la gestión del ahorro de energía eléctrica en la planeación del sector.

- Impulsar la aplicación generalizada de medidas de ahorro y uso de equipos de alta eficiencia.
- Ampliar y profundizar las acciones de formación de recursos humanos.
- Propiciar el fortalecimiento de las firmas consultoras que desarrollan proyectos en este campo.
- Fomentar la legislación, normatividad y reglamentación en la materia.

Con acciones como estas se espera la disminución de impactos ambientales derivados de una mayor producción y consumo de energía.

CAPÍTULO VI

IMPACTO Y POTENCIAL DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA MEXICANA, ASPECTOS ECONÓMICO Y AMBIENTAL.

6.1 GENERALIDADES DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA QUÍMICA

Excluyendo a Pemex, la rama de la industria química en México representó el 9.6 % del consumo final de energía en el sector industrial, mientras que su participación en lo que respecta a energía eléctrica en dicho sector fue del 8.64%.

Debido a los procesos típicos que involucra, la industria química se ha caracterizado históricamente por ser una rama altamente consumidora de energía eléctrica, gas natural y combustóleo.

Se presentan diversas áreas de oportunidad para el consumo eficiente y ahorro de energía como son equipo de proceso, calderas y calentadores, sistemas de cogeneración, torres de enfriamiento, unidades de refrigeración, tanques de balance y/o retención, motores, sistemas de aire comprimido, turbinas, iluminación, etc.

6.2 POTENCIAL DE AHORRO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA ¹

Los resultados mundiales han demostrado que se cuenta un potencial de ahorro de entre 25 y 37 exajoules por año, basados en tecnología y servicios disponibles en el mercado actualmente. Esto equivale a entre 600 y 900 millones de toneladas de combustible por año, o 1.5 veces el consumo energético de Japón. Este ahorro también acarrea grandes beneficios al medio ambiente, ya que se puede evitar entre 1.9 y 3.2 GTON (10⁶ Toneladas) de emisiones de CO₂ al año, esto equivale al 12 % del índice actual de emisiones.

El cálculo efectuado para las ramas industriales de México permite calcular un potencial de ahorro de energía entre un 20 y 25%, como se muestra en la siguiente tabla.

Ramas	Mundial (%)	México (%)
Química y petroquímica	13-16	20-25
Acero	9-18	10-14
Cemento	28-33	4-8
Papel	15-18	20-25

Tabla 6.1 Cuadro comparativo de potencial de ahorro estimado de energía

Fuente: Consumo de energía en el sector industrial mexicano, Gerardo Bazán Navarrete y Gilberto Ortiz Muñiz, Revista *Energía a Debate*, Mundi Comunicaciones, S.A. de C.V.

La seguridad energética y el desarrollo sustentable, que son fundamentales para la economía, tienen un gran sustento en el uso eficiente de energía.

De acuerdo con los escenarios realizados a nivel internacional y nacional, el uso eficiente de la energía es la opción más importante para reducir las emisiones de CO₂. La pequeña y mediana empresa en México se encuentra en desventaja respecto a su consumo de energía y tecnología, aspecto que debe ser apoyado ampliamente por nuestras autoridades.

En el área de petroquímica, existe un alto potencial de ahorro. Basta mencionar el caso de producción de amoniaco, donde nuestro consumo de energía es el doble del que se tiene a nivel internacional.

Gracias a los esfuerzos realizados en materia energética para encaminar al país hacia un desarrollo sustentable, en los últimos 10 años México ha logrado disminuir tanto la intensidad energética, como la intensidad de emisiones.

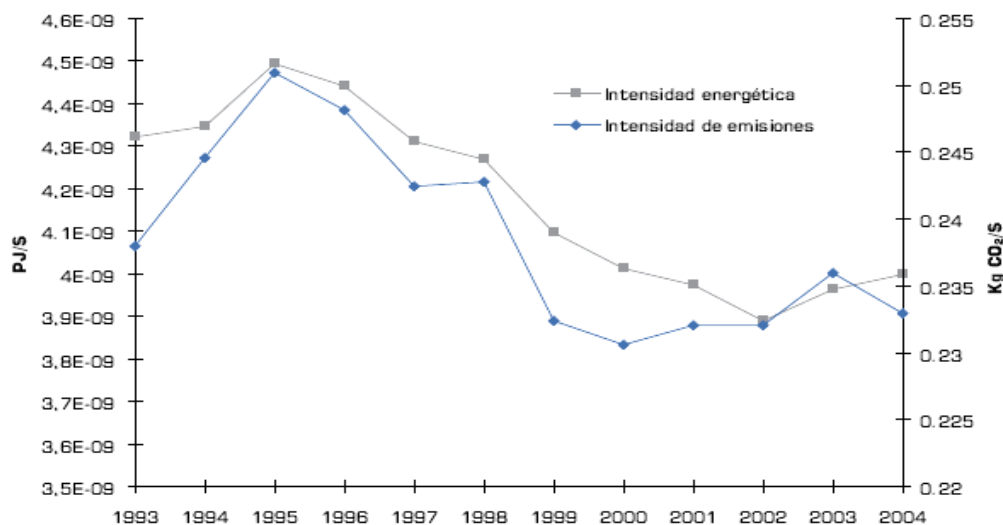


Figura 6.1 Gráfica de consumo anual energético en México

Fuente: Consumo de energía en el sector industrial mexicano, Revista *Energía a Debate*.

1. Consumo de energía en el sector industrial mexicano, Gerardo Bazán Navarrete y Gilberto Ortiz Muñiz, Revista *Energía a Debate*, Mundi Comunicaciones, S.A. de C.V.

6.3 Ejemplos del potencial de ahorro de energía en la industria química mexicana. (3 casos reales)

Caso no. 1 Química ATSA S.A. de C.V.

Química ATSA es una empresa que pertenece a la rama industrial química y se dedica al procesamiento de carbonato de calcio, empleado como materia prima para otros procesos.

- *Instalaciones:*

Predio Rústico Hacienda Vieja, Col. Benito Juárez, Mixquiahuala, Hgo.

La planta opera los 365 días del año divididos en tres turnos.

- *Estadísticas de Consumo:*

El servicio de energía eléctrica es suministrado por CFE mediante la tarifa HM, con las siguientes características:

- a) Consumo de energía eléctrica promedio de 428,477.60 kWh/mes.
- b) Demanda máxima promedio mensual de 1005 kW
- c) Factor de carga de 56.5%
- d) Costo promedio del kWh de \$0.65 IVA incluido
- e) Monto promedio de facturación mensual de \$278,632.61

- *Desarrollo del proyecto:*

Se consideraron los siguientes parámetros de evaluación:

- 1) Condiciones de operación de la planta
- 2) Eficiencia de operación de los equipos.
- 3) Factor de carga de los equipos.
- 4) Especificaciones técnicas de los equipos.
- 5) Antigüedad de los equipos y sistemas
- 6) Horas de operación

El proyecto se desarrolló en dos partes, la primera se realizó un diagnóstico energético que arrojó resultados confiables para su uso en la segunda etapa, que refiere a la aplicación de las medidas necesarias para la reducción del consumo de energía y demanda de potencia eléctrica.

- Tipo de financiamiento:

Otorgado por el FIDE por un monto de \$1,000,000.00 sin intereses.

- *Medidas de ahorro de energía:*

En base a los resultados obtenidos, se determinaron 2 medidas de ahorro de energía:

1° Instalación de convertidores de frecuencia.

Se detectó que no se cuenta con ningún tipo de control en la operación y alimentación a los molinos. Los mecanismos de alimentación, a través de bandas o válvulas, son factibles de controlar en su velocidad para incrementar la eficiencia de los molinos.

Por lo anterior, se consideró conveniente controlar la alimentación de materia prima a los molinos, esto al aplicar controles de velocidad en las bandas transportadoras o válvulas dosificadoras. El valor de salida de estos transductores se enviará a un PLC, que en función de la carga del molino, le enviará una señal a los convertidores de frecuencia que se instalarán en las bandas transportadoras o alimentadoras.

Se localizó otro parámetro importante que es los filtros de polvo que se saturan y provocan un incremento en el consumo de energía.

De esta manera, el sistema de control evaluará constantemente la relación de carga de material/ consumo de energía, y regulará la velocidad de la banda alimentadora y así se disminuirán los altos consumos de los molinos. Con esto se pretende controlar la energía con la que operan los molinos y evitar sobrecargas de dichos motores.

Aunado a esto, el sistema de control propuesto, identificará de inmediato los tiempos muertos y de inmediato se generará el orden de apagado del sistema.

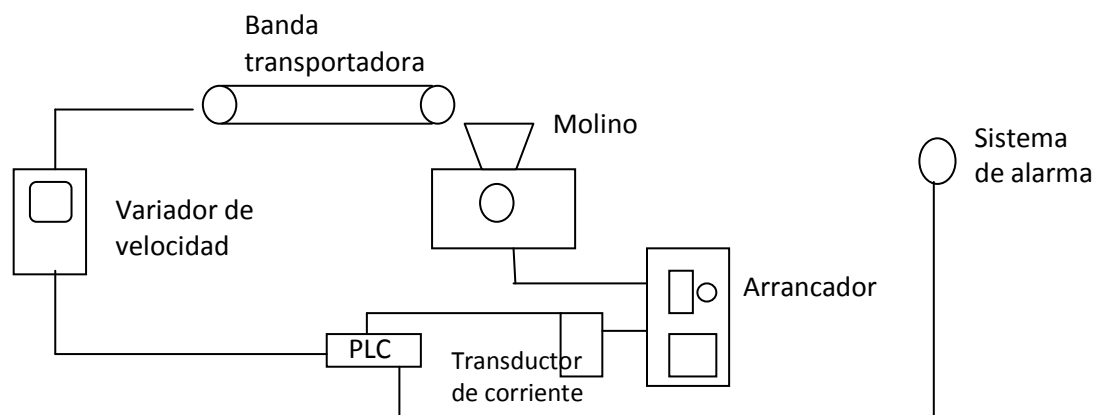


Figura 6.2 Diagrama de configuración del sistema propuesto para Química ATSA S.A. de C.V.

2° Optimización del sistema de iluminación

Consiste básicamente en el cambio del mobiliario de iluminación, sustituyendo las lámparas de vapor de mercurio por lámparas fluorescentes ahorradoras.

Aspecto económico:

Después de aplicar las medidas antes mencionadas, se logró un ahorro de 628,342.92 kWh/año y 53.56 kW de demanda mensual.

Con ello se obtuvieron ahorros económicos de \$431,032.94 en su facturación eléctrica; la inversión requerida fue de \$870,931.66, arrojando un periodo de recuperación de 2.02 años

Aspecto ambiental:

El suministro de energía eléctrica del que se sirve esta empresa proviene directamente de la Planta Termoeléctrica de Tula Hidalgo, que produce electricidad a partir de la quema de combustibles derivados del petróleo.

Caso no. 2 Industria Química del Istmo, S.A. de C.V. (Planta Monterrey)

IQUISA Monterrey pertenece al consorcio CYDSA Corporativo, y su giro principales la elaboración y comercialización de productos químicos como cloro, sosa cáustica, ácido clorhídrico e hipoclorito de sodio.

- *Instalaciones:*

Av. Ruíz Cortines no. 2333, Col. Pedro Lozano, Monterrey N.L.

- *Estadísticas de Consumo:*

El servicio de energía eléctrica es suministrado por CFE mediante la tarifa HLS horaria, región noroeste, con las siguientes características:

- a) Consumo de energía eléctrica promedio de 6,620,682 kWh/mes.
- b) Demanda máxima promedio mensual de 11,149 kW
- c) Facturación promedio mensual de \$2,013,728.00

- *Descripción del proceso:*

El proceso electrolítico para la producción de cloro y sosa utiliza celdas de mercurio,

donde las materias primas empleadas son cloruro de sodio, energía y agua.

El proceso se basa en la aplicación de energía eléctrica CD, a una solución saturada de Cloruro de Sodio, descomponiendo ésta molécula en sus componentes, Sodio y cloro, éste último en forma gaseosa. La amalgama formada de sodio se hace reaccionar con agua, formándose sosa cáustica e hidrógeno.

El mercurio agotado en sodio es reciclado a la celda por medio de una bomba. Se aplica un voltaje de 4.0 a 4.5 volts, para la reacción electroquímica.

- *Medidas de ahorro de energía:*

Rediseño de las celdas electrolíticas.

La empresa cuenta con 34 celdas electrolíticas, conectadas en serie, donde se efectúa la electrólisis de del salmuera.

Cada una de las celdas tiene 11 ánodos de titanio con revestimiento especial, y el cátodo es de mercurio que viaja a lo largo de la celda, la cual opera a una carga de 60 kA.

El proyecto que se realizó para reducir los costos y consumo de energía, se logró mediante la modificación de la estructura que soporta los ánodos, que limitan el acercamiento entre el ánodo y el cátodo, y consta de dos módulos que soportan 5 y 6 ánodos respectivamente. Se cambió a 4 módulos que soportan grupos de 2, 3,3 y 3 ánodos respectivamente, para un total de 11 ánodos.

Esto permitió mejorar la distribución de la corriente de la celda y al mismo tiempo, se reduce la distancia entre el ánodo y el cátodo, obteniéndose una reducción en el consumo de energía eléctrica por tonelada de sodio producida.

Concepto	Actual	Propuesto
Producción	22,000	22,000
No. De celdas	34	34
Operación días/año	355	355
Carga (kA)	60	60
Densidad de corriente (kA/m ²)	10.1	10.1
Voltaje en celdas (Cu/Hg)	4.05	3.76
Eficiencia %	96	96
kWh/TCI ₂	3.185	2.857
Ahorro kWh/TCI ₂	----	228
Ahorro MW/año	----	3,523
Ahorro total	----	\$1,231,802.00

Tabla 6.2 Cuadro de ahorros pronosticados

- Tipo de financiamiento:

Otorgado por el FIDE un 50% de la inversión y la empresa el resto.

Inversión total: \$1, 283,969.30

Periodo de recuperación: 1.04 años

Ahorro demanda (kW): 234.60

Ahorro en consumo (kWh/año): 3, 523,462

Ahorro económico: \$1, 231,802.00

Caso no. 3 Industria Química del Istmo, S.A. de C.V. (Planta Coatzacoalcos)

IQUISA Monterrey pertenece al consorcio CYDSA Corporativo, y su giro principales la elaboración y comercialización de productos químicos como cloro, sosa líquida, sosa sólida, ácido clorhídrico e hipoclorito de sodio, hidrógeno y sosa en escamas.

- *Instalaciones:*

Complejo Industrial Pajaritos, Coatzacoalcos Veracruz.

- *Estadísticas de Consumo:*

El servicio de energía eléctrica es suministrado por CFE mediante la tarifa HLS horaria, con las siguientes características:

- a) Consumo de energía eléctrica promedio de 27, 349,982 kWh/mes.
- b) Demanda máxima promedio mensual de 44,251 kW
- c) Monto promedio de facturación mensual de \$8,114,889

- *Descripción del proceso:*

El proceso electrolítico para la producción de cloro y sosa utiliza celdas de mercurio, donde las materias primas empleadas son cloruro de sodio, energía y agua.

El proceso se basa en la aplicación de energía eléctrica CD, a una solución saturada de Cloruro de Sodio, descomponiendo ésta molécula en sus componentes, Sodio y cloro, éste último en forma gaseosa. La amalgama formada de sodio se hace reaccionar con agua, formándose sosa cáustica e hidrógeno.

El mercurio agotado en sodio es reciclado a la celda por medio de una bomba.

Se aplica un voltaje de 4.0 a 4.5 volts, para la reacción electroquímica.

Producto	Producción (Ton/año)
Cloro	98,008
Hidróxido de Sodio	110,357
Hipoclorito de Sodio	109.500
Hidrógeno	2.759
Hidróxido de sodio en escamas	36,000

Tabla 6.3 Producción promedio IQUISA Planta Coatzacoalcos

- *Medidas de ahorro de energía:*

1. *Control de los motores de los ventiladores de torre de enfriamiento.*

Dentro de la empresa se requiere regular la temperatura para ciertos procesos, por lo que se hace circular agua para mantener la temperatura deseada, y para enfriar el agua se utilizan ventiladores, todo esto se encuentra en la torre de enfriamiento.

Este sistema se encontraba operando de forma continua durante todo el proceso, pero en algunos momentos no se elevaba la temperatura, por lo cuál no se requería su uso para enfriar el sistema, lo que generaba un desaprovechamiento de la energía eléctrica.

Por ello se instaló un sistema de control de arranque y paro del sistema de ventiladores, dependiendo de la señal de un termopar instalado en el área de enfriamiento.

2. *Optimización de los equipos de aire acondicionado.*

Se detectó que el sistema de aire acondicionado del área de oficinas se encontraba operando en forma continua durante todo el día, habiendo lapsos en los que no se requería, ocasionando que se estuviera consumiendo energía eléctrica sin un adecuado aprovechamiento.

Por ello se instaló un sistema de control automático de temperatura, regulando la operación del sistema a una temperatura de confort para el personal de la planta.

3. *Sustitución de motores eléctricos de eficiencia estándar.*

La planta contaba con motores convencionales para sus procesos, por esto se optó por la sustitución de este tipo de motores por uno de alta eficiencia.

Se sustituyeron un total de 37 motores en diferentes áreas de producción, con potencias desde 5 hasta 250HP.

- Ahorros obtenidos

En el primer caso de control de los ventiladores, se logró una disminución en el consumo eléctrico de 371,554 kWh/año, traduciéndose en un ahorro económico de \$160,944.48.

En el caso del control del Aire Acondicionado de las oficinas se obtuvo un ahorro en la demanda de 68.20 kW y en consumo de 573,025 kWh/año, traduciéndose en un ahorro económico de \$186,699.47

En el caso de la sustitución de motores de alta eficiencia, se obtuvo un ahorro en el consumo anual de 1,196,849 kWh/año y una disminución de la demanda de 164.78 kW. Esto refleja un ahorro económico de \$404,326.14 anuales.

Concepto	Ahorro demanda (kW)	Ahorro en consumo (kWh/año)	Ahorro económico (\$)	Inversión total (\$)	Periodo de recuperación (años)
Control de motores de ventiladores	-----	371,554	160,944.48	142,800	0.88
Control de Aire Acondicionado Oficinas	68.20	573,025	189,699.47	33,606.96	0.18
Sustitución de motores de eficiencia std.	164.78	1,196,849	404,326.14	1,185,263	2.93

Tabla 6.4 Resumen de ahorros IQUISA Planta Coatzacoalcos

- Tipo de financiamiento:

Otorgado por el FIDE un 50% de la inversión y la empresa el resto.

Inversión total: \$1, 361,670.00

Periodo de recuperación: 1.94 años

Ahorro demanda (kW): 232.98

Ahorro en consumo (kWh/año): 2, 141,428

Ahorro económico: \$754,970.00

Caso No. 4 Lyondell Chemical Company Plant²

El complejo Lyondell Chemical consta de una planta del etileno, que produce el etileno y propileno; una planta de la separación de los hidrocarburos, que produce el benceno, tolueno, e isopropeno y el butadieno. Labora las 24 horas días, los 365 días del año. Dentro de sus procesos incluye el uso de hornos y calderas para el craqueo de materias primas, acompañado por un sistema de compresión y destilación, que requieren de una gran cantidad de energía para operar. El vapor de alta presión, sobrecalentado se produce a partir de la recuperación del calor del horno y de calderas encendidas. Este vapor de alta presión se alimenta a turbinas que impulsan tanto a los compresores como a las bombas de proceso.

- *Instalaciones:*

Alvin Texas, Estados Unidos de Norteamérica.

- *Estadísticas de Consumo:*

- a) Consumo de gas natural: 21,000,000 MM BTU
- b) Consumo de electricidad promedio: 200, 000,000 kWh.

- *Descripción del proceso:*

No disponible

- *Medidas de ahorro de energía:*

El proyecto se enfocó a la reducción de la producción y consumo de vapor, además de la renovación del sistema de aislamiento del sistema de distribución del mismo, incluyendo calderas y calentadores.

1. Modificar la operación de las turbinas.
2. Mejorar el programa de mantenimiento de trampas de vapor, reparar aislamiento dañado, e inspeccionar toda la red de abastecimiento de vapor.
3. Reducir la demanda de vapor, mejorando el funcionamiento de la caldera.

- *Ahorros obtenidos*

Ahorro energético: 1, 083,000 MMBTU/ año (USD\$2.21 por MMBTU)

Ahorro económico: USD\$2, 393,430 por año

2. Lyondell Chemical Company Plant #1 Energy Savings Assessment (ESA) -186 FINAL PUBLIC REPORT, EUA, 2006.

Conclusiones

Dentro de este breve trabajo se pueden observar las ventajas tanto económicas como ambientales de la implementación de una cultura de ahorro y administración energética, tanto en el sector industrial como en el hogar.

Se debe resaltar, que a pesar de que en México no se cuenta con una cultura desarrollada de ahorro y administración energética, en comparación con países como Noruega, Suecia, Canadá, etc; se dispone de una considerable cantidad de apoyos, tanto tecnológicos como incentivos económicos, para la implementación de proyectos de esta índole. El problema consiste en la falta de información, principalmente de difusión, tanto por parte de los medios de los mismos organismos como del gobierno y sus entidades administrativas encargadas del ramo.

En los casos mencionados en el capítulo seis, se puede constatar que los proyectos, en los cuatro casos, resultan en grandes beneficios tanto a nivel ahorro energético, como económico y eficiencia productiva.

Las empresas citadas tuvieron un incremento en la productividad, y un descenso en los costos de fabricación y de problemas ambientales. Aunado a esto, los periodos de retorno de la inversión son muy atractivos ya que no sobrepasan los 3 años, periodo considerado como bueno para una inversión, dependiendo del proyecto.

Se podría prever que presentando casos como estos como ejemplo de los beneficios a diversas empresas, entre muchos otros que existen, dicho sector industrial estaría en la mejor disposición de implementar mínimo un diagnóstico y hasta el proyecto completo de éste tipo.

Cabe destacar la intensa participación del Fideicomiso para el ahorro de Energía (FIDE), debido al impulso que ha dado al respecto, además de presentar atractivos planes de financiamiento y de apoyo al sector industrial.

En cuanto al rubro ambiental, en el mundo entero la preocupación ambiental se ha agudizado debido a los cambios tan notorios observados en las últimas décadas, como el deshielo de los polos, la irregularidad de las estaciones del año, el aumento de la fuerza de fenómenos meteorológicos, etc., por ello existen tratados internacionales como el Protocolo de Kyoto, que pretenden disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los países inscritos, y así amortiguar el impacto que ello implica.

México cuenta con una gran cantidad de alternativas en cuanto a fuentes de energía, pero desgraciadamente la mayoría, o por lo menos las más utilizadas, provienen o dependen de fuentes no renovables, como los combustibles fósiles. Esto representa un grave problema de dependencia hacia este insumo, y a falta de éste, una gran desventaja tanto a nivel competitivo como de desarrollo social.

Las universidades e instituciones de investigación, se enfocan o amplían cada día más sus estudios para elaborar y optimizar nuevos combustibles, como es el caso del biodiesel, combustible orgánico comenzado a utilizar a principios de siglo en países europeos.

Este energético pertenece a la gama de los denominados BIO Combustibles, los cuales buscan generar energía en base a productos de origen natural, y que se puedan encontrar con gran abundancia.

En los últimos 5 años se ha comenzado a notar un incremento del gobierno para con el ramo energético, esto debido a los grandes obstáculos que enfrenta el país en este rubro, como la falta de investigación y desarrollo, la falta de producción,

Pero por otro lado, se tiene la absurda necesidad de importar el combustible refinado, es decir enviar a otro país el crudo, re comprando el refinado a un precio mayor al que se envía, es un aspecto que denota un poco de incoherencia por parte del gobierno.

En conclusión se puede decir que en el país se comienza a incrementar la participación tanto industrial como pública en el ámbito del ahorro de energía, ante el escenario futuro de una crisis energética a falta del principal insumo, el petróleo. Pero no se puede dejar a la deriva todo el esfuerzo que se encuentra caminando, ya que este tipo de iniciativas no pueden quedarse en papel, ni posponer por muchos factores que esto conlleva como la competitividad, el sustento y principalmente el desarrollo del país.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

1. *La Industria Química en México*, Serie de estadísticas Sectoriales, Edición 2006 INEGI, México 2006.
2. *Estadísticas de la industria Química*, Asociación Nacional de la Industria Química ANIQ, <http://www.aniq.org.mx>, México.
3. *Prospectiva del sector eléctrico 2005-2014*, Secretaría de Energía, México 2006.
4. *Balance nacional de energía 2005*, Subsecretaría de Planeación y Desarrollo Tecnológico, Dirección general de información y estudios energéticos, Secretaría de Energía, México 2006.
5. *Programa de investigación y desarrollo tecnológico del sector energía 2002-2006*, Secretaría de Energía, México 2002.
6. *Prospectiva de petrolíferos 2006-2015*, Dirección General de Planeación Energética, Secretaría de Energía, México 2006
7. *Prospectiva tecnológica del sector energía para el siglo XXI, Visión al 2003*, Secretaría de Energía, México.
8. *Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México*, Secretaría de Energía, México 2006
9. *Perfil energético de América del Norte*, Secretaría de Energía, México 2002.
10. *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2002*, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, México 2002.
11. *Anuario estadístico de la industria petroquímica*, Subsecretaría de Planeación Energética y Desarrollo Tecnológico, Dirección General de Información y Estudios Energéticos, Secretaría de Energía, México 2006.
12. *Prospectiva del mercado de gas natural 2006-2015*, Secretaría de Energía, México 2006.

13. *Prospectiva de Petrolíferos 2006-2015*, Secretaría de Energía, México 2006.
14. Información estadística por sector industrial INEGI, <http://www.inegi.gob.mx>.
15. Página web de la Comisión Nacional Para el Ahorro de Energía CONAE, <http://www.conae.gob.mx>.
16. Página web del Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica FIDE, <http://www.fide.org.mx>.
17. Serie de folletos informativos Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica:
 - a. *“La cogeneración, una gran oportunidad para su industria.”*
 - b. *“Ventajas del uso de motores eléctricos de alta eficiencia.”*
 - c. *“Recomendaciones para ahorrar energía eléctrica en instalaciones de refrigeración industrial.”*
 - d. *“Recomendaciones para el ahorro de energía eléctrica en el alumbrado público.”*
18. *El sector industrial y generación de residuos*, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT, México 2007.
19. Página web de Petróleos Mexicanos PEMEX, <http://www.pemex.com>
20. 1990 - 1997 Memoria de Labores de Pemex,
21. 1997 - 2005 Programa Operativo Anual de Pemex
22. Anuario Estadístico de PEMEX. Ediciones 2000-2004.
23. Informe anual PEMEX 2006
24. *Uso eficiente de Energía en la Industria*, International Research & Development Co. Ltd., Newcastle, Inglaterra, 1977.

25. *Guía para el aprovechamiento del calor de desperdicio*, NBS Handbook 121, Departamento de comercio/ Oficina Nacional de Normas, Administración Federal de Energía, Estados Unidos de Norteamérica, 1982.
26. *U.S. Carbon Dioxide Emissions from Energy Sources 2006 Flash Estimate*,
 - a. Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, Estados Unidos, 2007.
27. *Tracking industrial energy efficiency and CO2 emissions, executive summary*, p.19-29, OECD/IEA, Francia 2007.
28. *World Energy Outlook 2006*, OECD/IEA, Francia 2006.
29. Protocolo de Kyoto de la convención Marco de las naciones unidas sobre el Cambio climático, Naciones Unidas, 1998.
30. Las celdas de combustible: verdades sobre la generación de electricidad limpia y eficiente vía electroquímica, Ulises Cano Castillo, IIE, México 1999.
31. Oportunidades de ahorro de energía eléctrica en la rama industrial Química, FIDE, México, 2004.
32. Serie de casos de proyectos de ahorro de energía publicados por el FIDE:
 - a. Industria Química del Istmo S.A. de C.V. Planta Monterrey.
 - b. Industria Química del Istmo S.A. de C.V. Planta Coatzacoalcos.
 - c. Química ATSA S.A. de C.V.
33. Lyondell Chemical Company Plant #1 Energy Savings Assessment, Reporte Final de Actividades, Estados Unidos, 2001.
34. Consejo de ciencia y tecnología del estado de Guanajuato, presentación de tarifas eléctricas, México, agosto 2007.
35. Consumo de energía en el sector industrial mexicano, Gerardo Bazán Navarrete y Gilberto Ortiz Muñíz, Revista *Energía a Debate, Mundi Comunicaciones, S.A. de C.V.*
36. Producto interno Bruto trimestral Agosto 2007, INEGI

37. The international Crude Oil Market Handbook, Ed. Energy Intelligence,
Estados Unidos 2007

ORGANISMOS CONSULTADOS

Asociación Nacional de la Industria Química	(ANIQ)
Petróleos Mexicanos	(PEMEX)
Secretaría de Energía	(SENER)
Comisión Nacional para el Ahorro de Energía	(CONAE)
Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica	(FIDE)
Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática	(INEGI)
Secretaría del Medio Ambiente y recursos Naturales	(SEMARNAT)
Instituto Nacional de Ecología	(INE)
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente	(PROFEPA)